RECOMMANDATION UIT-R SA.1263

CRITÈRES DE BROUILLAGE POUR LE SERVICE DES AUXILIAIRES DE LA MÉTÉOROLOGIE DANS LES BANDES 400,15-406 MHz ET 1 668,4-1 700 MHz

(Question UIT-R 144/7)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) qu'il est nécessaire d'établir des critères de brouillage afin que les systèmes mis au point puissent offrir une qualité de fonctionnement adéquate en présence de brouillage;

b) que les objectifs de qualité de fonctionnement sont spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.1165;

c) que les critères de brouillage facilitent l'établissement de critères pour le partage de bandes de fréquences entre systèmes, y compris ceux qui sont exploités dans le cadre d'autres services;

d) que les seuils de brouillage à spécifier pour les systèmes du service des auxiliaires de la météorologie doivent être au moins égaux aux niveaux admissibles;

e) que l'Annexe 1 définit les paramètres de systèmes représentatifs pouvant servir de base à la spécification des niveaux admissibles des brouillages causés aux émissions du service des auxiliaires de la météorologie,

recommande

1 d'utiliser les niveaux de brouillage spécifiés dans les Tableaux 1 et 2 comme niveaux totaux admissibles de puissance des signaux brouilleurs aux bornes «antenne» des stations réceptrices exploitées dans le cadre du service des auxiliaires de la météorologie.

TABLEAU 1

Critères de brouillage applicables aux systèmes à radiosondes du service des auxiliaires de la météorologie

Paramètre	Système à radiosonde RDF 1 668,4-1 700 MHz	Système à radiosonde d'aide à la navigation aérienne (NAVAID) avec antenne directive 400,15-406 MHz	Système à radiosonde NAVAID avec antenne équidirective 400,15-406 MHz
Largeur de bande de référence du système	1,3 MHz	300 kHz	300 kHz
Puissance des signaux brouilleurs (dBW) dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassée pendant plus de 0,02% du temps (1)	–135,3	–140,6	–141,9
Puissance des signaux brouilleurs (dBW) dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassée pendant plus de 1,25% du temps (1)	–148,5	–149,6	–154,4
Puissance des signaux brouilleurs (dBW) dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassée pendant plus de 20% du temps (1)	–149,4	–154,9	–156,1

(1) Le pourcentage de temps indiqué ne doit pas être dépassé pour chaque vol.

TABLEAU 2

Critères de brouillage applicables aux systèmes à fusées-sondes et à catasondes du service des auxiliaires de la météorologie

Paramètre	Système à catasonde embarquée 400,15-406 MHz	Système à fusée-sonde 400,15-406 MHz
Largeur de bande de référence du système	20 kHz	3 MHz
Puissance des signaux brouilleurs (dBW) dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassée pendant plus de 0,02% du temps (1)	–153,3	–124,9
Puissance des signaux brouilleurs (dBW) dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassée pendant plus de 0,03% du temps (1)	–161,5	–125,5
Puissance des signaux brouilleurs (dBW) dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassée pendant plus de 20% du temps (1)	–167,1	–134,7

(1) Le pourcentage de temps indiqué ne doit pas être dépassé pour chaque vol.

ANNEXE 1

Bases utilisées pour l'établissement des critères de qualité de fonctionnement et de brouillage applicables aux auxiliaires de météorologie dans les bandes 400,15-406 MHz et 1 668,4-1 700 MHz

1 Introduction

Les bandes 400,15-406 MHz (désignée ici par le terme bande des 403 MHz) et 1 668,4-1 700 MHz (désignée ici par le terme bande des 1 680 MHz) sont attribuées au service des auxiliaires de la météorologie à titre primaire. Les bandes 400,15-403 MHz et 1 670-1 700 MHz sont également attribuées aux utilisateurs du service de météorologie par satellite à titre coprimaire. De plus, la bande 400,15-401 MHz est attribuée mondialement au service mobile par satellite, et la bande 1 675-1 700 MHz est attribuée au service mobile par satellite à titre co-primaire, sous réserve de non-brouillage, dans la Région 2 de l'UIT.

L'expression «auxiliaires de météorologie» désigne divers types d'équipements météorologiques: radiosondes, catasondes et fusées-sondes. Des auxiliaires de météorologie sont lancés dans le monde entier en vue de la collecte de données météorologiques dans la haute atmosphère pour les prévisions météorologiques et la prévision des violentes tempêtes, de la collecte de données sur la concentration d'ozone et de la mesure de paramètres atmosphériques pour diverses applications militaires. Les données collectées pendant ces vols ou ces sondages sont très importantes pour la protection des biens et des personnes car elles permettent de prévoir les violentes tempêtes et fournissent des renseignements vitaux aux compagnies de transport aérien.

2 Méthodologie pour le calcul des critères de brouillage applicables aux auxiliaires de météorologie

La sensibilité des auxiliaires de météorologie au brouillage étant généralement maximale à la portée oblique maximale de fonctionnement, les critères de brouillage seront établis sur la base de la marge pour la liaison correspondant à cette portée. Cette hypothèse ne permet pas aux autres utilisateurs potentiels de la bande de tirer parti des marges pour les liaisons plus élevées aux portées obliques plus courtes, mais ce facteur peut être utilisé, le cas échéant, dans les études de

partage détaillées. La portée oblique maximale sera une portée caractéristique pour la plus grande partie du monde, mais pas en ce qui concerne les conditions extrêmes rencontrées en hiver aux latitudes élevées. Les critères de brouillage applicables aux auxiliaires de météorologie seront au nombre de trois: un niveau de brouillage et un pourcentage de temps pour la perte de verrouillage de phase dans le récepteur, un niveau de brouillage et un pourcentage de temps pour la perte de données et un niveau de brouillage à long terme pendant 20% du temps. Etant donné que les différents types d'auxiliaires de météorologie sont utilisés dans diverses applications et présentent des caractéristiques variées, des critères seront établis pour chacun de ces types.

Le premier niveau de brouillage devant être établi est associé à la perte du verrouillage du récepteur, ce niveau n'étant permis que pendant une courte durée. Le pourcentage de temps total, $P\%_{TOTAL}$, pendant lequel une perte du verrouillage peut se produire sera calculé en fonction du système et de l'application. Ce pourcentage sera alors subdivisé en un pourcentage pour les sources intrasystème et en un pourcentage pour les sources intersystèmes. Dans le cas présent, le pourcentage attribué au brouillage intersystèmes sera égal à 25% de $P\%_{TOTAL}$.

Le critère de brouillage pour la perte du verrouillage sera calculé de la manière suivante:

$$I_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE} = N_{RX} + 10 \log (10^{M/10} - 1) \qquad (1)$$

où:

N_{RX}: densité spectrale de bruit du récepteur, provenant du bilan de liaison (voir le Tableau 4)

M: marge calculée pour la perte du verrouillage, déterminée à partir du bilan de liaison (voir le Tableau 4).

Le niveau $I_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE}$ ne doit pas être dépassé pendant plus de $P\%_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE}$, où:

$$P\%_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE} = 0{,}25 \ (P\%_{TOTAL})$$

Le deuxième niveau de brouillage est le niveau à partir duquel des données seront perdues. Le pourcentage de temps correspondant peut être obtenu à partir des objectifs de disponibilité des données fixés par les utilisateurs. Les objectifs de disponibilité des données publiés concernant les auxiliaires de météorologie tiennent généralement compte de toutes les sources de perte de données et d'erreur de données. Pendant le vol des auxiliaires de météorologie, on observe – outre des pertes de données – des erreurs de données de capteur, qui sont éliminées par filtrage au cours du traitement des données. Vingt-cinq pour cent du pourcentage de temps total $P\%_{TOTAL}$ pendant lequel des pertes et des erreurs de données peuvent se produire seront attribués au brouillage et 25% de cette valeur peuvent être attribués au brouillage entre systèmes; d'où:

$$P\%_{PERTE\text{-}DONNÉES} = (25\%)\,(25\%)\,(P\%_{TOTAL}) = (6{,}25\%)\,(P\%_{TOTAL})$$

Le critère de brouillage applicable à la perte de données sera calculé de la manière suivante:

$$I_{PERTE\text{-}DONNÉES} = N_{RX} + 10 \log (10^{M/10} - 1) \qquad (2)$$

où:

N_{RX}: densité spectrale de bruit du récepteur extraite du bilan de liaison (voir le Tableau 4)

M: marge calculée pour la perte de données extraite du bilan de liaison (voir le Tableau 4).

Le niveau $I_{PERTE\text{-}DONNÉES}$ ne doit pas être dépassé pendant plus de $P\%_{PERTE\text{-}DONNÉES}$.

Le troisième niveau de brouillage est le niveau à long terme, pendant 20% du temps. Ce niveau peut être calculé à partir des marges à court terme associées à la perte du verrouillage de phase et à la perte de données. Le niveau calculé à partir de la marge associée à la perte de verrouillage de phase à court terme est négligeable comparativement au niveau calculé à partir de la marge associée à la perte de données. En ce qui concerne le long terme (20%), 2/3 de la marge associée à la perte de données sera retenue pour les auxiliaires de météorologie. Le critère de brouillage pour la perte de données sera calculé de la manière suivante:

$$I_{20\%} = N_{RX} + 10 \log (10^{M/30} - 1)$$

ou

$$N_{RX} - 10 \text{ dB, si cette dernière valeur est supérieure} \qquad (3)$$

où:

N_{RX}: densité spectrale de bruit du récepteur extraite du bilan de liaison (voir le Tableau 4)

M: marge calculée pour la perte de données extraite du bilan de liaison (voir le Tableau 4).

Le niveau $I_{20\%}$ ne doit pas être dépassé pendant plus de 20% du temps.

3 Analyse des objectifs de disponibilité des données relatifs aux auxiliaires de météorologie

3.1 Objectifs de disponibilité des données relatifs aux radiosondes utilisées pour les observations synoptiques

Le Tableau 3 contient la liste des objectifs de disponibilité des données proposés pour les radiosondes. Toutes les limites données dans la colonne relative à la perte de données doivent être respectées pour que l'objectif global soit atteint. Les valeurs données ne s'ajoutent pas, chaque objectif ne s'applique qu'à la phase spécifiée. Outre les objectifs donnés dans le Tableau 3, il ne doit pas se produire de perte ou de rejet de données de pression ou de température pendant plus de 3 min consécutives, durant tout le vol.

TABLEAU 3

Objectifs de qualité relatifs aux radiosondes utilisées en Amérique du Nord pour les observations synoptiques

Phase du vol (min)	Durée de perte de données maximale acceptable pour au plus 2% des sondages (par site, par mois [1])
0-120 (vol entier)	15 min
0-5	60 s
5-15	2 min
15-30	3 min
30-60	6 min
60-120	12 min (20%)

[1] Les sondages pour lesquels l'objectif des 2% n'est pas satisfait sont considérés comme des échecs et nécessiteront un second lâcher si la détermination de l'échec se fait dans les 30 min après le lancement. Les vols pour lesquels l'objectif n'est pas satisfait après les 30 premières minutes sont classés comme des échecs.

Il ne doit pas se produire de perte ou de rejet de données de pression ou de température pendant plus de 3 min consécutives.

L'objectif de disponibilité des données spécifié tient compte de toutes les sources de perte de données (brouillage, erreur d'opérateur, panne d'équipement, panne de radiosonde et erreur de données de capteur). Pendant la phase de fin du vol (60-120 min), on tolère une perte de données maximale de 20%. Ce taux de disponibilité des données sera ventilé afin d'affecter un certain niveau-seuil au brouillage intersystèmes, $I_{INTERSYSTÈME}$, se traduisant par un $P\%_{PERTE\text{-}DONNÉES}$.

$$P\%_{PERTE\text{-}DONNÉES} = (6{,}25\%)\,(20\%) = 1{,}25\% \text{ de perte de données dû au brouillage } I_{INTERSYSTÈME}$$

En outre, si un vol n'atteint pas l'objectif voulu en 120 min, il est aussi classé comme un échec. De nombreux facteurs peuvent réduire la durée d'un vol et notamment le brouillage. Celui-ci causera généralement une perte de verrouillage du récepteur sur le signal utile. Si le signal n'est pas acquis à nouveau dans un délai suffisant (environ 1 s ou moins), le dispositif de commande automatique de fréquence du récepteur recalera le récepteur sur un autre signal d'intensité suffisante. Dans les systèmes RDF, le problème est aggravé par le fait que l'antenne RDF, dont la largeur de faisceau est étroite, ne suit plus le mouvement de la radiosonde. Le pourcentage de temps, $P\%_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE}$, pendant lequel cette situation est tolérée est donné par:

$$P\%_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE} = 25\% \; \frac{1 \text{ s}}{24 \text{ min}} = 0{,}02\%$$

3.2 Objectifs de disponibilité des données pour les agences spatiales

Les agences spatiales utilisent des radiosondes et des fusées-sondes pour collecter des données météorologiques avant le lancement d'engins dans l'espace. Les objectifs de disponibilité des données relatifs aux radiosondes utilisées pour les observations synoptiques répondent parfaitement aux besoins des agences spatiales. Il faut cependant définir des objectifs pour les fusées-sondes. Compte tenu de la vitesse de retour sur Terre des fusées-sondes dans la haute atmosphère, le pourcentage de perte de données de ces engins doit être très faible. La perte de quelques blocs de données peut conduire à la perte d'importantes informations sur la structure de certaines parties de la haute atmosphère. Une perte de données durant plus de 15 s environ pendant une phase de vol se traduit donc par un échec du vol. Comme pour les radiosondes, ce pourcentage doit être ventilé entre sources intrasystème et sources intersystèmes. Le pourcentage de temps maximal attribué au brouillage intersystèmes est calculé de la manière suivante:

$$P\%_{PERTE\text{-}DONNÉES} = (6{,}25\%)\ \frac{15\ \text{s}}{60\ \text{min}} = 0{,}03\%\ \text{de perte de données maximale dû à}\ I_{INTERSYSTÈME}$$

Le pourcentage de temps de 0,02% associé à la perte du verrouillage calculé pour les radiosondes s'applique aussi aux fusées-sondes.

$$P\%_{PERTE\text{-}VERROUILLAGE} = 0{,}02\%$$

3.3 Objectifs de disponibilité des données pour les catasondes

La collecte de données provenant des catasondes se fait au cours de la phase de descente dans l'atmosphère à une vitesse régulée par un parachute; l'utilisation des catasondes est très similaire à celle des fusées-sondes. Les objectifs de disponibilité des données utilisés par les agences spatiales pour les fusées-sondes et présentés au § 3.2 sont suffisants pour la protection des données provenant de catasondes.

3.4 Objectifs de disponibilité des données pour les services de défense

Les services de défense utilisent des radiosondes, des fusées-sondes et des catasondes, mais les radiosondes sont majoritaires. Les objectifs de disponibilité des données présentés au § 3.1 pour les radiosondes, au § 3.2 pour les fusées-sondes et au § 3.3 pour les catasondes sont considérés comme suffisants pour la protection de ces auxiliaires de météorologie.

4 Analyse des bilans de liaison applicables aux auxiliaires de météorologie

Les divers types d'auxiliaires de météorologie sont utilisés à des fins variées et les calculs de bilan de liaison concernant chacun de ces types sont par conséquent différents. Le Tableau 4 ci-dessous énumère les caractéristiques de qualité de fonctionnement applicables aux radiosondes RDF, aux radiosondes NAVAID, aux catasondes et aux fusées-sondes.

TABLEAU 4

Analyse des critères de qualité de fonctionnement applicables aux systèmes du service des auxiliaires de la météorologie

Facteur de qualité de fonctionnement	RDF	RDF	Système NAVAID avec antenne directive	Système NAVAID avec antenne directive	Système NAVAID avec antenne équidirective	Système NAVAID avec antenne équidirective	Catasonde	Catasonde	Fusée-sonde	Fusée-sonde
Type de modulation	MA	MA	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MA	MA
Plage de fréquences (MHz)	1 668,4-1 700	1 668,4-1 700	400,15-406	400,15-406	400,15-406	400,15-406	400,15-406	400,15-406	400,15-406	400,15-406
Pourcentage de temps ne devant pas être dépassé (%)	0,02 Perte de verrouillage de phase	1,25 Perte de données	0,02 Perte de verrouillage de phase	1,25 Perte de données	0,02 Perte de verrouillage de phase	1,25 Perte de données	0,02 Perte de verrouillage de phase	0,03 Perte de données	0,02 Perte de verrouillage de phase	0,03 Perte de données
1. Puissance de sortie de l'émetteur (dBW)	–6,0	–6,0	–6,0	–6,0	–6,0	–6,0	–8,0	–8,0	–5,2	–5,2
2. Gain d'antenne moyen (dBi)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0	0
3. p.i.r.e de la radiosonde (dBW)	–4,0	–4,0	–4,0	–4,0	–4,0	–4,0	–6,0	–6,0	–5,2	–5,2
4. Longueur maximale de la liaison (km)	250	250	250	250	150	150	350	350	70	70
5. Affaiblissement sur le trajet en espace libre (dB)	144,90	144,90	132,5	132,5	128,0	128,0	135,4	135,4	121,4	121,4
6. Affaiblissement supplémentaire sur le trajet (pluie, évanouissements, etc.) (dB)	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	4,0	4,0	0,25	0,25
7. Gain d'antenne de la station au sol (dBi)	28	28	8,0	8,0	2,0	2,0	0,0	0,0	20	20
8. Erreur de pointage de l'antenne de la station au sol (dB)	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
9. Affaiblissement dans le système de réception (alimentation d'antennes, câbles, etc.) (dB)	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0
10. Affaiblissement par défaut d'adaptation de la polarisation (dB)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5
11. Puissance du signal reçu (dBW)	–126,9	–126,9	–132,5	–132,5	–133,5	–133,5	–145,4	–145,4	–109,85	–109,85
12. Largeur de bande de référence du récepteur (dB/Hz)	1,3	1,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,02	0,02	3,0	3,0
13. Largeur de bande de référence (dB)	61,1	61,1	54,8	54,8	54,8	54,8	43	43	64,8	64,8
14. Energie reçue par Hz, C_0 (dB(W/Hz))	–188,0	–188,0	–187,3	–187,3	–188,3	–188,3	–188,4	–188,4	–174,65	–174,65
15. Température de bruit du système de réception (K)	738	738	600	600	600	600	410	410	738	738
16. Densité spectrale de bruit du récepteur, N_0 (dB(W/Hz))	–200,5	–200,5	–200,9	–200,9	–200,9	–200,9	–202,5	–202,5	–200,5	–200,5
17. C_0/N_0 minimal (dB)	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12
18. C_0/N_0 effectif pour le vol (dB)	12,5	12,5	13,6	13,6	12,6	12,6	14,1	14,1	25,85	25,85
19. Marge (dB)	5,5	0,5	6,6	1,6	5,6	0,6	7,1	2,1	18,95	13,85

5 Calcul des critères de brouillage applicables aux auxiliaires de météorologie

5.1 Radiosondes

Les critères de brouillage peuvent être calculés à l'aide des équations (1), (2) et (3) et des résultats de l'analyse des bilans de liaison présentée dans le Tableau 4. Les critères de brouillage établis pour chacun des trois systèmes à radiosondes sont donnés dans le Tableau 5.

TABLEAU 5

Critères de brouillage applicables aux systèmes à radiosondes

Paramètre	Système à radiosonde RDF 1 668,4-1 700 MHz	Système à radiosonde, avec antenne directive 400,15-406 MHz	Système à radiosonde, avec antenne équidirective 400,15-406 MHz
Densité spectrale de bruit du récepteur (dB(W/Hz))	–200,5	–200,9	–200,9
Largeur de bande de référence du récepteur (dB/Hz)	61,1	54,8	54,8
Marge de liaison à 0,02% (dB)	5,5	6,6	5,6
Marge de liaison à 1,25% (dB)	0,5	1,6	0,6
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 0,02% du temps (équation (1))	–135,3 dB(W/1,3 MHz)	–140,6 dB(W/300 kHz)	–141,9 dB(W/300 kHz)
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 1,25% du temps (équation (2))	–148,5 dB(W/1,3 MHz)	–149,6 dB(W/300 kHz)	–154,4 dB(W/300 kHz)
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 20% du temps (équation (3))	–149,4 dB(W/1,3 MHz)	–154,9 dB(W/300 kHz)	–156,1 dB(W/300 kHz)

5.2 Catasondes

Les équations (1), (2) et (3) peuvent être utilisées pour le calcul des critères de brouillage applicables aux catasondes. Ces critères sont donnés dans le Tableau 6.

5.3 Fusées-sondes

Les équations (1), (2) et (3) peuvent être utilisées pour le calcul des critères de brouillage applicables aux fusées-sondes. Ces critères sont donnés dans le Tableau 7.

TABLEAU 6

Critères de brouillage applicables aux systèmes à catasondes

Paramètre	Système à catasonde 400,15-406 MHz
Densité spectrale de bruit du récepteur (dB(W/Hz))	– 202,5
Largeur de bande de référence du récepteur (dB/Hz)	43,0
Marge de liaison à 0,02% (dB)	7,1
Marge de liaison à 0,03% (dB)	2,1
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 0,02% du temps (équation (1))	–153,3 dB(W/20 kHz)
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 0,03% du temps (équation (2))	–161,5 dB(W/20 kHz)
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 20% du temps (équation (3))	–167,1 dB(W/20 kHz)

TABLEAU 7

Critères de brouillage applicables aux systèmes à fusées-sondes

Paramètre	Système à fusée-sonde 400,15-406 MHz
Densité spectrale de bruit du récepteur (dB(W/Hz))	– 200,5
Largeur de bande de référence du récepteur (dB/Hz)	64,8
Marge de liaison à 0,02% (dB)	11,1
Marge de liaison à 0,03% (dB)	10,6
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 0,02% du temps (équation (1))	–124,9 dB(W/3 MHz)
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 0,03% du temps (équation (2))	–125,5 dB(W/3 MHz)
Niveau de brouillage ne devant pas être dépassé pendant plus de 20% du temps (équation (3))	–134,7 dB(W/3 MHz)