

RECOMMANDATION UIT-R M.1231

**CRITÈRES DE BROUILLAGE APPLICABLES AUX LIAISONS ESPACE-TERRE
EXPLOITÉES DANS LE SERVICE MOBILE PAR SATELLITE AVEC DES
SATELLITES NON GÉOSTATIONNAIRES DANS LA BANDE 137-138 MHz**

(Question UIT-R 83/8)

(1997)

Résumé

La présente Recommandation spécifie les critères de brouillage applicables aux liaisons descendantes des réseaux à accès multiple par répartition en fréquence (AMRF) et à accès multiple par étalement du spectre (AMES) du service mobile par satellite (SMS) avec des satellites non géostationnaires (non OSG) en terme de niveaux maximaux de brouillage composite.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire de disposer de critères de brouillage pour veiller à ce que les systèmes, par conception, se caractérisent par une qualité de fonctionnement adéquate en présence de brouillages;
- b) qu'il est possible d'établir de tels critères de brouillage en utilisant la méthodologie décrite dans la Recommandation UIT-R SA.1022 et sur la base des objectifs de qualité de fonctionnement spécifiés dans la Recommandation UIT-R M.1230;
- c) que les critères de brouillage facilitent la détermination des critères de partage des bandes entre systèmes, notamment lorsque ces systèmes sont exploités dans des services différents;
- d) que les systèmes utilisés dans le SMS dans la bande 137-138 MHz doivent tolérer des niveaux de brouillage au moins égaux aux niveaux admissibles;
- e) que l'on envisage deux systèmes généraux de modulation pour les satellites non OSG du SMS exploités dans la bande 137-138 MHz, à savoir: la modulation en bande étroite avec AMRF et la modulation en bande large avec AMES en séquence directe (AMES-SD);
- f) que l'Annexe 1 expose les paramètres de deux systèmes représentatifs pouvant constituer les bases de détermination des niveaux de brouillage admissibles dans le SMS dans la bande 137-138 MHz,

recommande

- 1** d'utiliser les niveaux de brouillage spécifiés au Tableau 1 pour le niveau total de puissance du signal brouilleur à l'entrée d'antenne des stations de réception exploitées dans le SMS dans la bande 137-138 MHz;
- 2** de faire en sorte que les niveaux de brouillage ainsi définis soient utilisés comme base de calcul des critères de partage.

NOTE 1 – Le niveau total de puissance du signal brouilleur pouvant être dépassé pendant $p\%$ du temps, p étant inférieur à 20% mais supérieur au pourcentage de temps à court terme spécifié, peut être déterminé par interpolation, sur la base des valeurs spécifiées, le pourcentage de temps étant porté en échelle logarithmique (base 10) tandis que la puissance ou la densité de puissance surfacique (dB) du signal brouilleur sera portée sur une échelle linéaire (voir la Fig. 1).

NOTE 2 – A l'aide des directives spécifiées dans la Recommandation UIT-R SA.1022, on pourra transposer les niveaux de brouillage admissibles afin de les appliquer à des stations dont les valeurs de gain d'antenne ou de largeur de bande diffèrent des valeurs spécifiées.

NOTE 3 – Les critères de brouillage sont définis pour les systèmes décrits dans l'Annexe 1. Les critères correspondant aux systèmes faisant intervenir une modulation en bande étroite avec AMRF sont exprimés en niveau de puissance dans la largeur de bande de référence du récepteur de la station au sol. Les critères de brouillage correspondant à des systèmes à modulation en bande large avec AMES-SD sont exprimés en niveau relatif global de puissance brouilleuse des signaux brouilleurs éventuels dans la bande 137-138 MHz, compte non tenu de la largeur de bande du signal brouilleur.

NOTE 4 – Les critères de brouillage sont spécifiés par rapport au pourcentage de temps de réception.

NOTE 5 – Les critères de brouillage associés aux systèmes à large bande sont établis sur la base du bilan de liaison du Tableau 3. L'un des principaux problèmes qui se posent dans la définition de ce bilan de liaison est le fait qu'il est nécessaire de réduire la densité de puissance surfacique afin d'assurer la protection des opérations du service météorologique par satellite. Cette contrainte de puissance surfacique se traduit par une réduction de la marge de liaison du système SMS non géostationnaire à large bande et donc par des critères de brouillage plus restrictifs que les valeurs que l'on obtiendrait en l'absence du service météorologique par satellite. Lorsque ce dernier fonctionnera dans les bandes 137,025-137,175 MHz et 137,825-138,0 MHz, on pourra accroître la puissance surfacique rayonnée par les futurs systèmes SMS non géostationnaires à large bande et relever les critères de brouillage en conséquence.

TABLEAU 1

Critères de brouillage applicables aux stations du SMS dans la bande 137-138 MHz

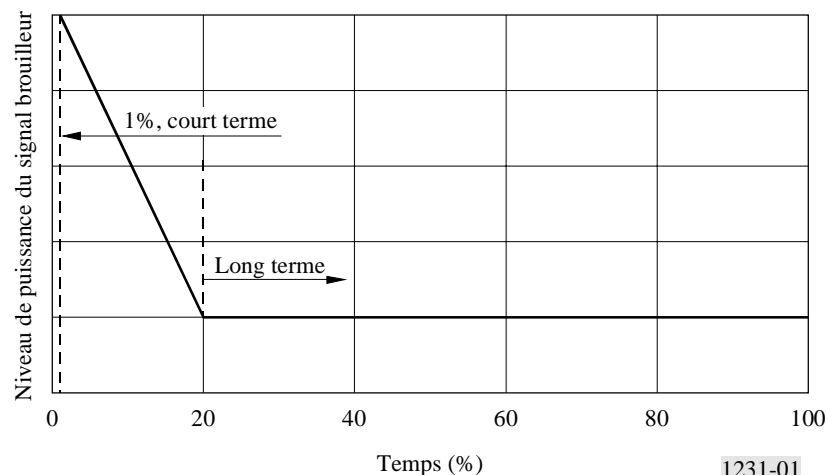
Type de modulation	Fonction; plate-forme et antenne de station terrienne	Niveau de puissance (dBW) du signal brouilleur dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassé pendant plus de 20% du temps ⁽¹⁾	Niveau de puissance (dBW) du signal brouilleur dans la largeur de bande de référence ne devant pas être dépassé pendant plus de $p_2\%$ du temps ⁽²⁾
Modulation en bande étroite avec AMRF	Liaison de données descendante vers station d'accès (antenne cornet, 15 dBi) Largeur de bande de référence: 44 kHz	-142,1	-133,4
Modulation en bande étroite avec AMRF	Liaison de données descendante vers station d'abonné (antenne unipolaire, 0 dBi, diagramme \cos^2) Largeur de bande de référence: 19,2 kHz	-155,3	-144,5
Modulation en bande large avec AMES (Note 5)	Liaison de données descendante vers station d'accès (antenne, 16 dBi) Largeur de bande de référence: 885 kHz	-134,5	-128,5

(1) Le niveau de puissance du signal brouilleur est déterminé en réception pour des angles d'élévation au moins égaux à 20°.

(2) Le niveau de puissance du signal brouilleur est déterminé en réception pour des angles d'élévation au moins égaux à 5° et pour $p_2 = 0,25$.

FIGURE 1

Modèle de critères de brouillage



ANNEXE 1

Bases de détermination des critères de brouillage**1 Introduction**

La présente Annexe définit les paramètres utilisés comme bases de travail dans la méthodologie décrite dans la Recommandation UIT-R SA.1022, méthodologie qui permet d'établir des critères de brouillage. Les Tableaux 2 et 3 résument ces paramètres. Par ailleurs, le § 5 expose les résultats d'une analyse dynamique dans le cadre de laquelle, par modélisation informatique et simulations, on a cherché à vérifier les niveaux de brouillage calculés pour le système fonctionnant en bande étroite.

2 Système SMS non géostationnaire dans la bande 137-138 MHz, à modulation en bande étroite avec AMRF

Le système du SMS exploité au-dessous de 1 GHz sur des orbites non géostationnaires fonctionne en liaisons descendantes dans la bande 137-138 MHz. En général, les stations mobiles sont équipées d'une antenne équidirective présentant un gain de 0 dBi pour de faibles angles d'élévation, tandis que les stations terriennes d'accès utilisent une antenne à cornet conique dont le gain est de 15 dBi.

3 Système SMS non géostationnaire exploité dans la bande 137-138 MHz, à modulation en bande large avec AMES-SD

Dans le cas des systèmes à étalement de spectre, on n'envisage pas actuellement d'utiliser des stations mobiles de réception. Seules les stations terriennes d'accès seront donc considérées dans les lignes qui suivent. Ces stations utilisent une antenne directive dont le gain est de 16 dBi.

4 Critères de brouillage

Les critères de brouillage définissent la puissance totale représentée, par toutes les sources de brouillage possibles, pouvant être tolérée par un système fournissant encore une qualité de service acceptable. Le niveau total de puissance brouilleuse est établi à partir du bilan de liaison du système et des objectifs de qualité de fonctionnement spécifiés. Pour ce faire, on considère la marge disponible dans la liaison, on pose quelques hypothèses de travail simplificatrices, comme expliqué dans la Recommandation UIT-R SA.1022, et on détermine ensuite deux critères de brouillage, à savoir un critère de brouillage à long terme et un critère de brouillage à court terme (se reporter respectivement aux équations (1) et (2)).

$$i_{20} = n_{p1} + M_{p1} - 4,8 \quad (1)$$

où:

i_{20} : critère de brouillage à long terme (dBW)

n_{p1} : niveau de puissance de bruit observé pendant la période d'indisponibilité de la liaison (dBW)

M_{p1} : marge, à court terme, de compensation d'indisponibilité de la liaison (dB).

$$i_{p2} = n_{20} + 10 \log (10^{0,1M_{20}} - 1) \quad (2)$$

où:

i_{p2} : critère de brouillage à court terme (dBW)

n_{20} : puissance de bruit ne devant pas être dépassée pendant plus de 20% du temps (dBW)

M_{20} : marge de liaison à long terme (dB).

On suppose que le critère de brouillage à long terme définit un brouillage ne devant pas être observé pendant plus de 20% du temps et que la liaison subit un évanouissement. Par ailleurs, pour déterminer le critère à long terme, on suppose que 33% de la puissance de bruit intrasystème à court terme est affectée aux brouillages intersystèmes (en conséquence, que $I/N = -4,8$ dB). Le critère de brouillage à court terme donne par définition un niveau de puissance de signal

brouilleur ne devant pas être dépassé pendant un pourcentage de temps important (on suppose qu'il n'y a pas d'évanouissement sur la liaison). 25% du temps d'indisponibilité (1%) est représenté par l'indisponibilité due à des sources de brouillage intersystèmes. Par ailleurs, il importe de noter que, comme cela est expliqué dans la méthode, le critère de brouillage à long terme est calculé sur la base de la marge à court terme tandis que le critère de brouillage à court terme est établi sur la base de la marge à long terme.

TABLEAU 2

Analyse de qualité de fonctionnement utilisée comme base de calcul des critères de brouillage pour des récepteurs de systèmes du SMS à modulation en bande étroite avec AMRF et exploités dans la bande 137-138 MHz

Paramètre de qualité de fonctionnement	Valeur de paramètre		Valeur de paramètre	
Fonction de liaison	Liaison descendante données, récepteur d'abonné		Liaison descendante données, récepteur tête de ligne	
Type de modulation	MDPD		MDP-4-O	
Gamme de fréquences (MHz)	137-138			
Pourcentage de temps	1,0	20	1,0	20
1. Puissance de sortie de l'émetteur (dBW)	13,1		7,1	
2. Affaiblissements filtre/câble (dB)	1		1,4	
5. Erreur de pointage de l'antenne (dB)	0,2		0	
6. Gain d'antenne (dBi)	3,5	3,1	0,8	
7. p.i.r.e. (dBW)	15,4	15,0	6,5	
8. Angle d'élévation de l'antenne	5°	20°	5°	20°
9. Altitude du satellite (km)	775			
10. Affaiblissement en espace libre (dB)	143,9	139,9	143,9	139,9
11. Autres affaiblissements sur le trajet (évanouissement, etc. (dB))	5	1	1	
12. Gain d'antenne de réception (dBi)	0	-0,5	15	
13. Erreur de pointage d'antenne (dB)	0		0,2	
14. Affaiblissement dû au désaccord de polarisation (dB)	4,1		0,1	
15. Affaiblissement de démodulation (dB)	3			
16. Puissance du signal à la réception (dBW)	-140,6	-133,5	-126,7	-122,72
17. Largeur de bande de référence (kHz)	19,2		44,0	
18. Largeur de bande de référence (dB)	42,8		46,4	
19. C_0 (ou E_b) de l'énergie reçue (dB(W/Hz))	-183,5	-176,4	-173,15	-169,16
20. Température de bruit du système à la réception (K)	724		955	
21. Densité spectrale de puissance de bruit à la réception (dB(W/Hz))	-200		-198,8	
22. Puissance de brouillage du canal adjacent (dB(W/Hz))	-210,6	-207,1	-400	
23. Densité totale de puissance du système ($I + N$) (dB(W/Hz))	-199,6	-199,2	-198,8	
24. C_0/N_0 (ou E_b/N_0) (dB)	16,2	22,9	25,65	29,64
25. TEB, liaison	1×10^{-5}		1×10^{-6}	
27. Taux d'erreurs mises en mémoire/traitement des données	-----			
28. TEB total	1×10^{-5}		1×10^{-6}	
29. Rapport C_0/N_0 requis	10,3		10,6	
30. Marge	5,9	12,6	15,05	19,04
Marge à long terme ou à court terme (dB)	12,6 (20%)	5,9 (0,25%)	19,04 (20%)	15,05 (0,25%)
Puissance du signal brouilleur (dBW dans la largeur de bande de référence)	-144,5	-155,3	-133,4	-142,1
Puissance du signal brouilleur (dB(W/4 kHz))	-151,3	-162,1	-143,4	-152,1

TABLEAU 3

**Analyse de qualité de fonctionnement établie comme base de calcul des critères de brouillage –
Systèmes à modulation en large bande avec AMES-SD**

Fonction de liaison: liaison données descendante vers récepteur d'accès
 Type de modulation: MDM/AMES-SD
 Gamme de fréquences: 137-138 MHz

Pourcentage de temps	0,1%	20%
Angle d'élévation	5°	20°
Puissance de sortie de l'émetteur (dBW)	-15,5	
Contribution de bruit de la liaison montante (dB(W/Hz))	-63,1	
Contribution de brouillage interne (dB(W/Hz))	-59,8	
Affaiblissements filtre/câble (dB)	-1	
Gain d'antenne (dBi)	4	
p.i.r.e. (dBW)	-12,5	
Altitude du satellite (km)	1 300	
Affaiblissement en espace libre (dB)	-146,7	-143,6
Affaiblissement de propagation par trajets multiples (dB)	-2	-1
Affaiblissement de désaccord de polarisation (dB)	-0,3	
Gain d'antenne de réception (dBi)	16	
Puissance du signal à la réception (dBW)	-145,5	-141,4
$T_{\text{éq}}$ (dBK)	35,2	
C/N_0 liaison montante (dB(Hz))	47,6	
C/I_0 interne (dB(Hz))	44,3	
C/N_0 liaison descendante (dB(Hz))	48	52
$(C/(N_0 + I_0))_T$	41,5	42,2
$(N_0 + I_0)$ (dB(W/Hz))	-187,1	-183,7
Affaiblissement systémique	-1,5	
R_b (bit/s)	600	
R_b (dB)	27,8	
Affaiblissement FDAF (filtre adaptatif à domaine fréquentiel) (dB)	-6	
$E_b/(N_0 + I_0)$ (dB)	6,2	6,9
Rapport $E_b/(N_0 + I_0)$ requis (dB)	3,7	
Marge (dB)	2,5	3,2
Marge à long terme ou à court terme (dB)	3,2 (20%)	2,5 (0,25%)
i_{20} (dB(W/Hz))	-189,4	
i_{p2} (dB(W/Hz))	-183,3	
R_c (élément/s)	614 400	
R_c (dB)	57,9	
Puissance de brouillage maximale	-128,5	-134,5

NOTE 1 – C'est avec des signaux en bande étroite à 137,5 MHz que l'on observe le cas de brouillage maximal:

$$P = \frac{1}{2} i R_c \quad \text{avec } R_c = 614\,400 \text{ élément/s.}$$

Pour différentes valeurs de fréquence porteuse à bande étroite, on peut accroître comme suit le niveau de puissance du signal brouilleur:

Fréquence centrale (MHz)	ΔP (dB)
137,4 ou 137,6	+0,9
137,3 ou 137,7	+3,6
137,2 ou 137,8	+9
137,1 ou 137,9	+20
137,05 ou 137,95	+36,7
137 ou 138	+27,8

5 Résultats de l'analyse dynamique – Modulation en bande étroite avec AMRF

Pour valider les résultats obtenus en appliquant la méthodologie définie par l'UIT-R, nous avons procédé à deux simulations informatiques sur 90 jours. Les paramètres orbitaux des deux constellations du système mobile par satellite prises comme exemple ont été utilisées comme données de travail. Les caractéristiques radioélectriques choisies étaient représentatives des systèmes à étalement de spectre généralement utilisés dans un même canal avec un système à bande étroite. On supposait que toutes les sources de signaux brouilleurs émettaient en même temps. Les simulations avaient pour objet de calculer le rapport $C/(N+I)$ (dB) ainsi que les statistiques cumulatives pour un scénario de brouillage donné. Les résultats de ces simulations sont repris dans les Tableaux 4 et 5 suivants sous forme de distributions cumulatives respectivement pour le récepteur d'abonné et pour le récepteur d'accès.

TABLEAU 4

Distribution cumulative du rapport $C/(N+I)$; récepteur d'abonné; deux constellations de systèmes brouilleurs

Pourcentage de temps	Durée (min)	$C/(N+I)$ (dB)
0,009259	0	7
0,099537	117	8
0,300154	260	9
0,612654	405	10
1,165895	717	11
2,9375	2 296	12
7,560957	5 992	13
15,401235	10 161	14
27,331018	15 461	15
44,216049	21 883	16
63,891975	25 500	17
78,902008	19 453	18
86,296295	9 583	19
88,846451	3 305	20
89,138115	378	21
89,148918	14	22

TABLEAU 5

**Distribution cumulative du rapport $C/(N + I)$; récepteur d'accès;
deux constellations de systèmes brouilleurs**

Pourcentage de temps	Durée (minute)	$C/(N + I)$ (dB)
0,003858	0	9
0,074074	91	10
0,346451	353	11
1,68287	1 732	12
3,625	2 517	13
5,95216	3 016	14
8,574074	3 398	15
11,253858	3 473	16
14,185185	3 799	17
17,199846	3 907	18
20,317902	4 041	19
23,36574	3 950	20
26,381172	3 908	21
29,35108	3 849	22
32,403549	3 956	23
35,611111	4 157	24
38,906635	4 271	25
42,690586	4 904	26
47,397377	6 100	27
52,334877	6 399	28
57,679783	6 927	29
62,788582	6 621	30
67,652779	6 304	31
72,138115	5 813	32
76,198303	5 262	33
79,726082	4 572	34
82,802467	3 987	35
85,560188	3 574	36
88,125771	3 325	37
90,622688	3 236	38
93,172066	3 304	39

On constate qu'aussi bien dans le cas du récepteur d'abonné que dans celui du récepteur d'accès et même dans les conditions correspondant au scénario le plus défavorable, tous les signaux brouilleurs étant émis simultanément, ce n'est que pendant un très faible pourcentage de temps (moins de 1%) qu'il n'est pas possible de maintenir le rapport $C/(N + I)$ requis, à savoir 10,3 dB pour le récepteur d'abonné (10,6 dB pour le récepteur d'accès).