

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R SA.1160-3
(07/2017)

**Critères de brouillage cumulatif applicables
aux systèmes de transmission de données
dans les services d'exploration de la Terre
par satellite et de météorologie par
satellite utilisant des satellites
géostationnaires**

Série SA
Applications spatiales et météorologie

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	Systemes 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, 2018

© UIT 2018

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 SA.1160-3

Critères de brouillage cumulatif applicables aux systèmes de transmission de données dans les services d'exploration de la Terre par satellite et de météorologie par satellite utilisant des satellites géostationnaires

(Question UIT-R 141/7)

(1995-1997-1999-2017)

Domaine d'application

La présente Recommandation vise à fournir des critères de brouillage cumulatif applicables aux liaisons de transmission de données pour les satellites géostationnaires dans les services d'exploration de la Terre par satellite et de météorologie par satellite.

Mots clés

SETS, MetSat, satellites géostationnaires, transmission de données, critères de brouillage

Recommandations et Rapports connexes

Recommandations UIT-R SA.1022, UIT-R SA.1159 et UIT-R SA.1161.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire de définir des critères de brouillage, afin que les systèmes puissent être conçus de façon à fonctionner correctement en présence de brouillage;
- b) que l'on peut déterminer ces critères de brouillage à l'aide de la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R SA.1022 et des objectifs de qualité de fonctionnement énumérés dans la Recommandation UIT-R SA.1159;
- c) que les critères de brouillage facilitent la détermination des critères de partage entre systèmes, notamment avec les systèmes exploités dans d'autres services;
- d) que pour les systèmes exploités dans le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) et le service de météorologie par satellite (MetSat) il faut spécifier des seuils de brouillage au moins égaux aux niveaux admissibles;
- e) que l'Annexe expose les paramètres de systèmes représentatifs, qui fournissent la base de détermination des critères de brouillage pour ce qui est des transmissions à prendre en compte dans le SETS et le service MetSat,

recommande

d'utiliser les critères de brouillage spécifiés au Tableau 1 comme niveaux de puissance cumulative admissible d'un signal brouilleur aux bornes de sortie d'antenne des stations exploitées dans le SETS et le service MetSat.

TABLEAU 1

**Critères de brouillage applicables aux stations du SETS et
du service MetSat utilisant des satellites géostationnaires**

Bande de fréquences (MHz)	Puissance du signal brouilleur (dBW) qui ne doit pas être dépassée pendant plus de 20% du temps dans la largeur de bande de référence	Puissance du signal brouilleur (dBW) qui ne doit pas être dépassée pendant plus de $p\%$ du temps dans la largeur de bande de référence
1 670-1 710 espace vers Terre	-158,0 dBW par 1 MHz	-152,8 dBW par 1 MHz $p = 0,025$
2 025-2 110 Terre vers espace	-139,9 dBW par 1 MHz	-136,6 dBW par 1 MHz $p = 0,025$
25 500-27 000 espace vers Terre	-144,6 dBW par 10 MHz	-133,0 dBW par 10 MHz $p = 0,25$

NOTE 1 – La puissance du signal brouilleur (dBW) dans la largeur de bande de référence est donnée pour une réception à angles d'élévation supérieurs ou égaux à 3.

NOTE 2 – Le niveau de puissance totale du signal brouilleur qui ne doit pas être dépassé pendant plus de $x\%$ du temps, avec x inférieur à 20% mais supérieur au pourcentage de temps à court terme spécifié ($p\%$ du temps) peut être déterminé par interpolation des valeurs spécifiées sur une échelle logarithmique (base 10) pour le pourcentage de temps et sur une échelle linéaire pour la densité de puissance du signal brouilleur (dB).

NOTE 3 – Les critères de brouillage peuvent être exprimés en termes de puissance surfacique admissible dans le faisceau principal de l'antenne de réception; pour cela on soustrait $10 \log (G \lambda^2/4\pi)$ de la valeur indiquée dans le Tableau 1, où G est le gain de l'antenne de réception et λ est la longueur d'onde.

NOTE 4 – Bien qu'ils aient été établis en fonction des systèmes décrits dans l'Annexe, ces critères de brouillage s'appliquent à tous les systèmes exploités dans les bandes de fréquences indiquées et assurant les fonctions de service spécifiées.

Annexe

Base pour la détermination des critères de brouillage

La présente Annexe énumère les paramètres utilisés dans la méthode de détermination des critères de brouillage pour les transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception appartenant à un opérateur de satellite et la diffusion de données à des stations d'utilisateurs, décrite dans la Recommandation UIT-R SA.1022.

1 Transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception

Le Tableau 2 indique les critères de brouillage pour les transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception, pour lesquelles la

station terrienne de réception reçoit tous les brouillages directement, et n'en reçoit aucun par l'intermédiaire du satellite qui émet les données.

Les critères de brouillage peuvent être exprimés en termes de puissance surfacique admissible dans le faisceau principal de l'antenne de réception; pour cela on soustrait $10 \log (G \lambda^2/4\pi)$ des valeurs indiquées dans le Tableau 2, où G est le gain de l'antenne de réception et λ la longueur d'onde.

TABLEAU 2

Paramètres liés aux transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception pour la détermination des critères de brouillage des stations exploitées avec des satellites géostationnaires

a) Bande de fréquences 1 670-1 710 MHz

Paramètre de la liaison		Valeur	Notes
p.i.r.e. de la liaison descendante		16,1 dBW	
Affaiblissement sur la liaison descendante		190,1 dB	Espace libre, polarisation et pointage d'antenne
G/T , liaison descendante		24,4 dB(K ⁻¹)	
C/N_0 , liaison descendante		79,0 dB.Hz	
Débit des données		2,6 Mbit/s	
C/N_0 requis		78,1 dB.Hz	TEB = 1×10^{-6} Affaiblissement de mise en oeuvre = 2,2 dB Affaiblissement de modulation = 1 dB
Marge		0,9 dB	Long terme et court terme
Gain de l'antenne de réception		45,1 dBi	
Densité de bruit du récepteur		-207,9 dB(W/Hz)	
Critères de brouillage	Long terme	-153,9 dB(W/2,6 MHz)	$q = 1/3$ et $M_{min} = 1,2$ dB
	Court terme	-148,7 dB(W/2,6 MHz)	$q = 1$ et $M_{min} = 1,2$ dB

b) Bande de fréquences 25,5-27,0 GHz

Paramètre de la liaison		Valeur	Notes
p.i.r.e. de la liaison descendante		55,5 dBW	
Affaiblissement sur la liaison descendante	Long terme	227,9 dB	Espace libre, pluie et conditions atmosphériques, polarisation et pointage d'antenne
	Court terme	231,3 dB	Surcroît d'affaiblissement de 7,1 dB
G/T, liaison descendante		37,6 dB(K ⁻¹)	
C/N ₀ , liaison descendante	Long terme	93,8 dB.Hz	
	Court terme	90,4 dB.Hz	
Débit des données		164 Mbit/s	
C/N ₀ requis		88,7 dB.Hz	TEB = 1 × 10 ⁻⁹ Affaiblissement de mise en oeuvre = 1,5 dB Affaiblissement de modulation = 1,75 dB
Marge	Long terme	5,1 dB	
	Court terme	1,7 dB	
Gain de l'antenne de réception		60,6 dBi	Y compris les pertes liées au pointage
Densité de bruit du récepteur		-205,6 dB(W/Hz)	
Critères de brouillage	Long terme	-144,6 dB(W/10 MHz)	q = 0,1 et M _{min} = 4,5 dB
	Court terme	-133,0 dB(W/10 MHz)	q = 1 et M _{min} = 4,5 dB

2 Diffusion de données à des stations d'utilisateurs

La diffusion de données traitées à haute résolution est affectée par les brouillages reçus à la station via le satellite ou par les brouillages causés directement à la station dans la bande 1 670-1 710 MHz. Les données traitées à haute résolution sont acheminées sur la liaison montante vers le satellite dans la bande 2 025-2 110 MHz, puis relayées, avec les signaux brouilleurs reçus par le satellite dans la même bande, vers les récepteurs de la station terrienne via des répéteurs de satellite à gain fixe.

Les rapports porteuse/bruit plus densité de brouillage sont donnés pour les liaisons montante (up) et descendante (down) respectivement par les formules suivantes:

$$\left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{up} = \frac{(C/N_0)_{up}}{1 + \frac{I_{01}}{k T_1}}$$

et

$$\left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{down} = \frac{(C/N_0)_{down}}{1 + \frac{I_{02}}{k T_2}}$$

où:

- I_{01} et I_{02} : densités de brouillage transmises au satellite et au récepteur de la station
- T_1 et T_2 : températures de bruit du système du satellite et du récepteur de la station

k : constante de Boltzmann.

Le rapport composite porteuse/bruit plus densité de brouillage est donné par la formule suivante:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = \left[\left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{up}^{-1} + \left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{down}^{-1} \right]^{-1}$$

D'après la Recommandation UIT-R SA.1022, cette formule peut aussi s'exprimer de la façon suivante:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = M^{-q} \frac{C}{N_0}$$

où:

M : marge sans brouillage

q : fraction de la marge sans brouillage où le brouillage est autorisé

C/N_0 : rapport composite de densité porteuse/bruit donné par la formule suivante:

$$C/N_0 = \left[(C/N_0)_{up}^{-1} + (C/N_0)_{down}^{-1} \right]^{-1}$$

On peut déduire des formules précédentes:

$$M^q = 1 + \frac{\frac{I_{01}}{k T_1} (C/N_0)_{up} + \frac{I_{02}}{k T_2} (C/N_0)_{down}}{(C/N_0)_{up} + (C/N_0)_{down}}$$

Supposons que les brouillages sur la liaison montante et sur la liaison descendante soient attribués de façon qu'une fraction p du brouillage soit reçue à la station terrienne via le satellite, et qu'une fraction $1 - p$ lui soit transmise directement. Il est souhaitable que p soit proche de $1/2$ pour qu'il y ait un bon équilibre entre les brouillages attribués sur la liaison montante et sur la liaison descendante. Dans le cas d'un répéteur à gain fixe, on peut montrer que:

$$\frac{I_{02}}{k T_2} = \frac{1 - p}{p} \frac{I_{01}}{k T_1} \frac{(C/N_0)_{down}}{(C/N_0)_{up}}$$

de façon que:

$$M^q = 1 + \frac{1}{p} \frac{I_{01}}{k T_1} \left[1 + \frac{(C/N_0)_{up}}{(C/N_0)_{down}} \right]^{-1}$$

En conséquence, la densité de brouillage admissible sur la liaison montante devient:

$$I_{01} = 1 + p k T_1 \left[1 + \frac{(C/N_0)_{up}}{(C/N_0)_{down}} \right] (M^q - 1) \quad \text{pour } M > M_{min}$$

où, conformément à la Recommandation UIT-R SA.1022, M_{min} est la plus petite marge sans brouillage dont seule une fraction q peut admettre des brouillages. La densité de brouillage admissible sur la liaison descendante est donc exprimée comme suit:

$$I_{02} = (1 - p) k T_2 \left[1 + \frac{(C/N_0)_{down}}{(C/N_0)_{up}} \right] (M^q - 1) \quad \text{pour } M > M_{min}$$

Le Tableau 3 résume le calcul de I_{01} et de I_{02} pour des données à haute résolution, en supposant que $p = 1/2$, $q = 1/3$ et $M_{min} = 1,2$ dB pour le brouillage à long terme, et que $p = 1/2$, $q = 1$ et $M_{min} = 1,2$ dB pour le brouillage à court terme.

Les critères de brouillage peuvent être exprimés en termes de puissance surfacique admissible dans le faisceau principal de l'antenne de réception; pour cela, on soustrait $10 \log (G \lambda^2/4\pi)$ des valeurs indiquées dans le Tableau 3, où G est le gain de l'antenne de réception et λ est la longueur d'onde.

TABLEAU 3

**Analyse des paramètres pour la détermination des critères de brouillage applicables
à la diffusion de données à haute résolution à des stations d'utilisateurs
utilisant des satellites géostationnaires**

Paramètre de la liaison		Valeur	Notes
p.i.r.e. de la liaison montante		72,1 dBW	
Affaiblissement sur la liaison montante		191,7 dB	Espace libre, polarisation et pointage d'antenne
G/T , liaison montante		-17,5 dB(K ⁻¹)	Mesure post-lancement
C/N_0 , liaison montante		91,5 dB/Hz	
p.i.r.e. de la liaison descendante		23,8 dBW	
Affaiblissement sur la liaison descendante		190,1 dB	Espace libre, polarisation et pointage d'antenne
G/T , liaison descendante		15,2 dB(K ⁻¹)	
C/N_0 , liaison descendante		77,5 dB.Hz	
C/N_0 composite		77,3 dB.Hz	
Débit des données		2,11 Mbit/s	
C/N_0 requis		75,9 dB.Hz	TEB = 1×10^{-6} Affaiblissement de mise en oeuvre = 1,9 dB
Marge		1,4 dB	
Gain d'antenne de réception de la liaison montante		9,5 dBi	
Densité de bruit de la liaison montante		-201,6 dB(W/Hz)	$T = 500$ K
Critère de brouillage sur la liaison montante (2 025-2 110 MHz)	Long terme	-136,7 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1/3$
	Court terme	-133,4 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1$
Gain d'antenne de réception de la liaison descendante		39,5 dBi	
Densité de bruit de la liaison descendante		-204,3 dB(W/Hz)	$T = 269$ K
Critère de brouillage sur la liaison descendante (1 670-1 710 MHz)	Long terme	-153,4 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1/3$
	Court terme	-148,1 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1$

3 Conclusions

3.1 Bande de fréquences 1 670-1 710 MHz

Les analyses proposées ci-dessus fournissent deux ensembles différents de critères de brouillage, applicables respectivement aux transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception et à la diffusion de données à des stations d'utilisateurs.

On suppose que les transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception correspondent aux systèmes les plus représentatifs dans la bande. Pour simplifier, il est proposé par ailleurs de normaliser les critères dans une largeur de bande de 1 MHz, ce qui donne les valeurs suivantes:

- long terme: $-158,0$ dBW/MHz
- court terme: $-152,8$ dBW/MHz

3.2 Bande de fréquences 2 025-2 110 MHz

L'analyse proposée ci-dessus fournit un seul ensemble de critères de brouillage applicables aux systèmes de diffusion de données. Pour simplifier, il est proposé par ailleurs de normaliser les critères dans une largeur de bande de 1 MHz, ce qui donne les valeurs suivantes:

- long terme: $-139,9$ dBW/MHz
- court terme: $-136,6$ dBW/MHz

3.3 Bande de fréquences 25,5-27 GHz

L'analyse proposée ci-dessus fournit un seul ensemble de critères de brouillage applicables aux transmissions de données d'instruments brutes sur la liaison descendante vers les principales stations terriennes de réception, correspondant à la nouvelle génération de systèmes utilisant la bande 25,5-27 GHz, ce qui donne les valeurs suivantes:

- long terme: $-144,6$ dBW/10 MHz
 - court terme: $-133,0$ dBW/10 MHz
-