

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1606
(02/2003)

Critères de brouillage pour la protection des systèmes hertziens fixes contre les brouillages composites variables dans le temps et causés par des satellites non géostationnaires exploités dans d'autres services partageant les bandes 37-40 GHz et 40,5-42,5 GHz à titre coprimaire

Série F
Service fixe



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, 2010

© UIT 2010

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 F.1606*

Critères de brouillage pour la protection des systèmes hertziens fixes contre les brouillages composites variables dans le temps et causés par des satellites non géostationnaires exploités dans d'autres services partageant les bandes 37-40 GHz et 40,5-42,5 GHz à titre coprimaire

(2003)

Champ d'application

La présente Recommandation spécifie les critères de brouillage pour la protection des systèmes hertziens fixes contre les brouillages composites variables dans le temps et causés par des satellites non géostationnaires exploités dans d'autres services partageant les bandes 37-40 GHz et 40,5-42,5 GHz à titre coprimaire. Ces critères sont définis en termes de rapport I/N à l'entrée du récepteur du service fixe aussi bien pour les brouillages à long terme que pour les brouillages à court terme. L'Annexe 1 donne des indications concernant l'utilisation de la présente Recommandation.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est souhaitable de déterminer les critères de protection des systèmes hertziens fixes exploités dans la bande des 38 GHz (37-40 GHz) et dans la bande des 40 GHz (40,5-42,5 GHz) relativement aux brouillages composites causés par des liaisons d'autres services exploitées à titre coprimaire, particulièrement les brouillages à court terme;
- b) que dans des configurations de brouillage faisant intervenir des stations spatiales non OSG, les liaisons hertziennes fixes peuvent être exposées pendant de courts laps de temps à des niveaux élevés de brouillage qui risquent de nuire à la qualité de fonctionnement ou la disponibilité de ces systèmes;
- c) que, dans les bandes 38 et 40 GHz, la conception des liaisons du service fixe est contrôlée par les affaiblissements dus à la pluie, qui peuvent être modélisés à l'aide de la Recommandation UIT-R P.530;
- d) que, dans les bandes 38 et 40 GHz, certaines administrations ont recours à la régulation automatique de puissance d'émission (RAPE) sur certaines liaisons du service fixe, et qu'il en découle une augmentation de la sensibilité de ces liaisons, tout particulièrement en ce qui concerne les brouillages à court terme;
- e) que certaines liaisons du service fixe caractérisées par de faibles valeurs de marge nette de protection contre les évanouissements risquent de ne pas être totalement protégées contre les brouillages causés par des systèmes à satellites non OSG, sauf à imposer des contraintes exagérées à ces services;
- f) que les liaisons types du service fixe utilisant des systèmes de RAPE imposent des critères de protection plus stricts que ceux nécessaires pour les liaisons du service fixe dotées de marges de protection contre les évanouissements plus importantes et sur lesquelles on n'utilise pas de système de RAPE;

* La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté quelques modifications de forme à la présente Recommandation en décembre 2009, conformément à la Résolution UIT-R 1.

g) qu'il est souhaitable de définir les critères de protection composites du service fixe d'après la dégradation admissible des objectifs de qualité exprimés en taux d'erreur (EPO, *error performance objective*), occasionnée par les brouillages en se fondant sur des liaisons typiques du service fixe mettant en œuvre la RAPE,

reconnaissant

a) que les bandes 37,5-40 GHz et 40,5-42,5 GHz sont partagées à titre coprimaire avec le SFS,

notant

a) que la méthode de détermination de la dégradation maximale admissible des EPO due à des brouillages causés par d'autres services partageant la même bande de fréquences à titre coprimaire est exposée dans la Recommandation UIT-R F.1494;

b) que la dégradation admissible de la qualité de fonctionnement d'un faisceau FWS occasionné par des brouillages causés par d'autres services partageant les mêmes bandes de fréquences à titre primaire, exprimée en pourcentage admissible des EPO globaux est définie dans la Recommandation UIT-R F.1565,

recommande

1 d'utiliser les critères de brouillage suivants afin d'assurer la protection des liaisons du service fixe contre les divers niveaux de brouillage composite causés par des systèmes d'autres services exploités dans les bandes 37-40 GHz et 40,5-42,5 GHz à titre coprimaire;

1.1 pour ce qui est des brouillages à long terme, de faire en sorte que le rapport I/N à l'entrée du récepteur du service fixe ne dépasse pas -10 dB pendant plus de 20% du temps (voir la Note 1);

1.2 pour les brouillages à court terme, de faire en sorte que le rapport I/N , à l'entrée du récepteur du service fixe ne dépasse pas $+10$ dB pendant plus de 0,013% du temps pour les systèmes conformes à la Recommandation UIT-T G.828, et 0,05% du temps pour les autres systèmes (voir la Note 1);

1.3 pour les brouillages à court terme, de faire en sorte que, pour certaines liaisons dans certaines applications d'accès hertzien large bande, le rapport I/N à l'entrée du récepteur du service fixe ne dépasse pas $+5$ dB pendant plus de 0,013% du temps pour les systèmes conformes à la Recommandation UIT-T G.828, et 0,05% du temps pour les autres systèmes (voir la Note 1);

2 d'utiliser les informations rassemblées dans l'Annexe 1 à titre d'orientation aux fins de l'application de la présente Recommandation.

NOTE 1 – Ces niveaux de I/N sont établis par référence au bruit total à l'entrée du récepteur, comprenant le niveau de bruit du système ($k T BF$) plus 1 dB pour les brouillages internes au service (voir le § 5 de l'Annexe 1).

Annexe 1

Calcul des critères globaux de protection du service fixe dans les bandes 37-40 GHz et 40,5-42,5 GHz

1 Introduction

La méthode exposée dans la présente Annexe repose sur l'hypothèse que dans les bandes 38 et 40 GHz, les évanouissements sont contrôlés par la pluie, de sorte que, même si les brouillages à long terme ont un effet sur la qualité de fonctionnement d'une liaison, les principales causes d'interruption d'une liaison dans le service fixe sont les niveaux de brouillage qui dépassent la marge contre les évanouissements, quelles que soient les conditions de propagation.

Sur cette base, la répartition de l'effet des brouillages sur la dégradation d'une liaison (et des EPO) a été présumée comme suit:

- dégradation de la qualité de la liaison dans le service fixe due aux brouillages à long terme: 20%;
- dégradation de la qualité de la liaison dans le service fixe due aux brouillages à court terme: 80%.

2 EPO

La dégradation admissible de la qualité de fonctionnement d'un faisceau hertzien fixe réel occasionnée par des brouillages causés par d'autres services dans des bandes de fréquences partagées à titre primaire est exprimée en pourcentage admissible (10%) des EPO globaux (cf. définition dans la Recommandation UIT-R F.1565).

Les liaisons du service fixe sont actuellement utilisées dans la bande des 38 GHz pour les réseaux d'accès ou les réseaux d'infrastructure téléphonique mobile, à la fois pour des applications point à point et pour des applications point à multipoint. Du fait que ces mêmes applications sont déjà envisagées dans la bande des 40 GHz, on a utilisé pour les études les mêmes EPO de référence dans les deux bandes sur la base des EPO définis pour la section d'accès au réseau, ou pour la section courte distance entre centraux du tronçon national, qui sont identiques dans la Recommandation UIT-R F.1565.

Les valeurs d'EPO correspondantes, indiquées au Tableau 1 ci-dessous, sont obtenues sur la base des hypothèses suivantes:

- section courte distance entre centraux ou section d'accès au réseau (Tableaux 4a et 4b, ou 5a et 5b de la Recommandation UIT-R F.1565);
- débit VC-3 du Tableau 4a et du Tableau 5a, et débit 15-55 Mbit/s des Tableaux 4b et 5b;
- $B = C = 8\%$.

TABLEAU 1

	EPO (pourcentage d'un mois quelconque) obtenu sur la base de l'application de la Recommandation UIT-R F.1565		
	Total admissible dû au brouillage	Brouillage à long terme (20%)	Brouillage à court terme (80%)
Taux de secondes erronées (Recommandation UIT-T G.826)	6×10^{-4}	$1,2 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-4}$
Taux de secondes erronées (Recommandation UIT-T G.828)	$1,6 \times 10^{-4}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$
Taux de secondes gravement erronées	$1,6 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-5}$

3 Critères à court terme

3.1 Méthodologie

Comme exprimé au § 1, la principale cause d'interruption d'une liaison du service fixe, dans le cas de brouillages à court terme, est un niveau de brouillage supérieur à la marge de la liaison contre les évanouissements, quelles que soient les conditions de propagation.

La définition des critères à court terme est donc liée aussi bien aux valeurs de la marge contre les évanouissements (ou de la marge nette contre les évanouissements dans le cas de systèmes mettant en œuvre la RAPE¹) qu'aux EPO définis pour les brouillages à court terme (cf. Tableau 1), la marge contre les évanouissements étant affectée aux critères à court terme.

3.2 Marge contre les évanouissements dans le service fixe

Dans les bandes des 38 et des 40 GHz, du fait que les liaisons sont généralement des liaisons à courte distance, une marge contre les évanouissements de 14 dB a été considérée comme représentative d'une liaison classique puisque l'on a supposé que, dans leur majorité, ces liaisons présentaient des marges contre les évanouissements (ou des marges nettes contre les évanouissements¹) supérieures à cette valeur. Il convient de noter que, dans le cas de systèmes mettant en œuvre la RAPE, cette marge de 14 dB correspond à une liaison dans laquelle la marge contre les évanouissements est plus importante (14 dB de marge nette plus 10 dB pour la RAPE).

Par ailleurs, on a également noté que dans certaines applications d'accès hertzien à large bande, une marge contre les évanouissements de 10 dB est mise en œuvre sur certaines liaisons de courte distance, lesquelles appelleraient en conséquence une valeur de I/N moins élevée.

Sur cette base, le Tableau de l'Appendice 1 à l'Annexe 1, établi sur la base de la Recommandation UIT-R P.530, indique la marge requise contre les évanouissements dus à la pluie pour une disponibilité de 99,999% dans le cas de liaisons jusqu'à 1,6 km et pour cinq taux de précipitation différents, en polarisation verticale et en polarisation horizontale.

¹ Dans le cas d'une liaison du service fixe mettant en œuvre la RAPE, on a: marge nette contre les évanouissements = marge totale contre les évanouissements – valeurs de RAPE.

Toutefois, il faut noter que les marges de 14 dB ou de 10 dB contre les évanouissements dus à la pluie dans ces deux bandes (37 et 40 GHz) sont justifiées sur la base des calculs reposant sur la Recommandation UIT-R P.530, qui ne fournit pas de valeurs de marge contre les évanouissements calculées par référence à une valeur mesurée de qualité de fonctionnement exprimée en taux d'erreur, mais donne des valeurs absolues d'affaiblissement (évanouissements dus à la pluie) pour un pourcentage de temps donné.

Par ailleurs, selon la Recommandation UIT-R F.1498, pour une liaison conçue pour une disponibilité de 99,999% et en particulier pour des systèmes d'accès hertzien à large bande en concurrence supposée avec des systèmes à fibres optiques, la marge contre les évanouissements peut être indiquée par référence à un taux d'erreur binaire (TEB) de 10^{-6} ou à une valeur de seconde gravement erronée (SES, *severely errored second*). Il a été décidé de conserver la valeur de SES comme niveau de référence pour la marge contre les évanouissements. Il a également été déterminé que la conception des liaisons du service fixe devrait tenir compte d'une marge de 1 dB pour les brouillages interne au service, d'où une augmentation de la puissance de bruit de référence, qui est alors supérieure de 1 dB à la puissance de bruit du système.

En outre, pour des raisons techniques (puissance minimale accessible, diamètres des antennes disponibles, puissance d'émission fixe dans le cas des stations centrales...), les liaisons du service fixe dans les bandes 38 et 40 GHz, en particulier dans le cas de systèmes point à multipoint, peuvent présenter une «marge nominale supplémentaire» s'ajoutant à la marge contre les évanouissements dus à la pluie. Au minimum, pour les liaisons point à point, la valeur de cette «marge nominale supplémentaire» dépend du niveau de granularité du réglage de puissance, atténuateurs éventuellement utilisés et du gain d'antenne, qui permettent au concepteur de choisir un niveau de réception aussi proche que possible du niveau théorique. Même si cet élément n'a pas été pris en compte dans la définition de la marge globale de référence d'une liaison du service fixe, il a été décidé de le prendre en compte au titre de facteur de confiance additionnel dans la définition des critères de protection.

Du fait que les EPO sont définis par référence aux Recommandations UIT-T G.826 et UIT-T G.828, il est nécessaire d'extrapoler les valeurs de marge contre les évanouissements correspondant aux divers niveaux de secondes erronées (ES, *error second*) et de SES. Sur la base des hypothèses adoptées, les marges contre les évanouissements correspondant aux ES et aux SES sont respectivement inférieures de 3 dB et supérieures de 1 dB aux valeurs correspondant à un TEB de 10^{-6} , qui est lui-même inférieur de 2 dB aux valeurs correspondant à un TEB de 10^{-3} . Le Tableau 2 résume ces différentes valeurs de marge contre les évanouissements et, avec les taux d'EPO correspondants, permet de définir deux critères à court terme pour le service fixe dans les bandes considérées.

TABLEAU 2

	Marge contre les évanouissements dus à la pluie de 14 dB (dB)	Marge contre les évanouissements dus à la pluie de 10 dB (dB)	Taux d'EPO associé
ES (Recommandation UIT-T G.826)	10	6	$4,8 \times 10^{-4}$
ES (Recommandation UIT-T G.828)	10	6	$1,3 \times 10^{-4}$
TEB de 10^{-6}	13	9	
SES	14	10	$1,3 \times 10^{-5}$
TEB de 10^{-3}	15	11	

En raison de la forme des distributions de brouillage calculées, qui, en général, font apparaître que lorsque le critère correspondant aux ES est respecté, le critère correspondant aux SES l'est également, il a été décidé, à des fins de simplification, de ne retenir que les critères correspondant aux ES.

Posons par hypothèse que M_{SES} est la marge contre les évanouissements qui porte le rapport $C/N + I$ au niveau seuil de qualité de fonctionnement T_{SES} pour des SES. Dans l'étude technique d'une liaison dont le seuil de qualité de fonctionnement doit être respecté pendant un pourcentage de temps déterminé, on utilise la Recommandation UIT-R P.530 pour calculer la marge contre les évanouissements requise, selon la procédure appliquée dans le calcul des marges du Tableau 2. Pour tenir compte de la répartition des brouillages, on étudie la liaison en fonction d'un signal sans évanouissement C_0 , et l'on a:

$$T_{SES} = C_0 - M_{SES} - N \quad (1)$$

dans laquelle N est la somme, au niveau du récepteur, du bruit du récepteur du SF et de la marge additionnelle affectée aux brouillages émanant du service fixe. Si N_0 est le bruit total du système ($k T B F$), on a $N = N_0 + 1$ dB.

Plus généralement, le bruit total, y compris les brouillages émanant d'autres services exploités à titre coprimaire, peut s'exprimer comme suit:

$$N_{tot} = N + 10 \log (1 + 10^{(I/N)/10}) \quad \text{dB} \quad (2)$$

Le rapport I/N admissible à court terme est la valeur la plus élevée qui n'entraînera pas la présence d'ES en l'absence d'évanouissements. Selon le Tableau 1, le rapport $C/N + I$ pour des ES, T_{ES} , dépasse de 4 dB le rapport pour des SES. En conséquence, $T_{ES} = T_{SES} + 4 = C_0 - N$. En appliquant les équations (1) et (2) à cette expression, et compte tenu du fait que $M_{SES} - 4$ est la marge contre les évanouissements correspondant aux ES, on obtient l'expression suivante du rapport I/N (dB).

$$I/N = 10 \log (10^{M_{ES}/10} - 1) \quad (3)$$

En appliquant les valeurs de marge contre les évanouissements indiquées dans le Tableau 2 pour les ES, soit 10 et 6 dB, dans l'équation (3), on obtient respectivement des valeurs de I/N de 9,54 et de 4,74 dB. Ces valeurs sont reprises dans le Tableau 3, avec les EPO associés repris du Tableau 2. Les valeurs du rapport I/N ont été arrondies en nombre entier de décibels supérieur.

Sur cette base, les critères à court terme qui sont proposés d'être utilisés dans les bandes 38 GHz et 40 GHz sont indiqués au Tableau 3 ci-dessous. Ces valeurs ont été obtenues par combinaison des EPO correspondant aux ES (voir le Tableau 1) et des valeurs de I/N des marges contre les évanouissements correspondantes définies dans le Tableau 2.

TABLEAU 3

	<i>I/N</i> (dB)	Pourcentage de temps ne devant pas être dépassé
Critère 1	10	0,05%
Critère 2 ⁽¹⁾	10	0,013%
Critère 1 pour les systèmes à faible marge nette contre les évanouissements	5	0,05%
Critère 2 ⁽¹⁾ pour les systèmes à faible marge nette contre les évanouissements	5	0,013%

⁽¹⁾ Le critère 2 s'applique aux liaisons conformes à la Recommandation UIT-T G.828.

4 Critères à long terme

Le critère à long terme spécifié dans la Recommandation UIT-R F.758 pour la bande des 38 GHz est de $I/N = -10$ dB ne devant pas être dépassé pendant plus de 20% du temps.

Puisque, par hypothèse, des applications du service fixe analogues doivent être utilisées dans la bande des 40 GHz, on appliquera dans cette bande le même critère à long terme.

5 Référence de niveau de bruit

Pour les critères définis aux § 3 et 4 ci-dessus, aussi bien s'agissant des brouillages à court terme que des brouillages à long terme, les niveaux du rapport I/N indiqués sont établis par référence au niveau de bruit total du système du service fixe, comprenant le bruit du récepteur du service fixe proprement dit plus une marge convenue de 1 dB pour les brouillages internes au service. On a donc: $N = 10 \log(k T B F) + 1$ dB.

Appendice 1 à l'Annexe 1

Marges contre les évanouissements dus à la pluie pour une disponibilité de 99,999%

Longueur de la liaison (km)	Marge contre les évanouissements à 39,3 GHz, polarisation horizontale (dB)					Marge contre les évanouissements à 39,3 GHz, polarisation verticale (dB)				
	Taux de précipitation (mm/h) (Zone)					Taux de précipitation (mm/h) (Zone)				
	12 (B)	22 (E)	42 (K)	63 (M)	95 (N)	12 (B)	22 (E)	42 (K)	63 (M)	95 ⁽¹⁾ (N)
0,1	0,8	1,3	2,5	3,6	5,2	0,6	1,1	2,1	3	3,0
0,2	1,5	2,7	4,9	7,1	16,4	1,3	2,3	4,2	6	5,9
0,3	2,2	4	7,3	10,6	15,4	1,9	3,4	6,2	9	8,8
0,4	3	5,3	9,6	14	20,3	2,6	4,5	8,2	11,9	11,6
0,5	3,7	6,5	12	17,4	25,1	3,2	5,6	10,2	14,7	14,3
0,6	4,4	7,8	14,3	20,7	29,8	3,8	6,7	12,2	17,6	17,0
0,7	5,2	9,1	16,6	24	34,3	4,5	7,8	14,2	20,3	19,6
0,8	5,9	10,4	18,9	27,2	38,8	5,1	8,9	16,1	23	22,2
0,9	6,6	11,6	21	30,4	43,2	5,7	10,0	18,0	25,8	24,7
1,0	7,3	12,8	23,3	33,6	47,5	6,3	11,0	19,9	28,5	27,1
1,1	8	14,1	25,5	36,7	51,7	6,9	12,1	21,8	31	29,5
1,2	8,7	15,3	27,7	39,8	55,8	7,5	13,1	23,7	33,7	31,9
1,3	9,4	16,5	29,9	42,8	59,8	8,1	14,2	25,5	36,2	34,1
1,4	10,1	17,7	32	45,8	63,8	8,7	15,2	27,3	38,8	36,4
1,5	10,8	18,9	34,1	48,7	67,6	9,3	16,2	29,1	41,3	38,6
1,6	11,4	20,1	36,2	51,6	71,4	9,9	17,3	30,9	43,7	40,8

⁽¹⁾ Les marges contre les évanouissements correspondant au cas «polarisation verticale, précipitation = s 95 mm/h» ont été calculées pour une latitude inférieure à 30° par hypothèse (ce qui a une incidence sur les calculs, voir la Recommandation UIT-R P.530).