

RECOMMANDATION UIT-R SF.1006*

**DÉTERMINATION DES POSSIBILITÉS DE BROUILLAGE ENTRE STATIONS TERRIENNES
DU SERVICE FIXE PAR SATELLITE ET STATIONS DU SERVICE FIXE**

(1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la présence de territoires relevant d'une autre administration à l'intérieur de la zone de coordination d'une station terrienne dont les limites sont définies par les méthodes indiquées dans la Recommandation UIT-R SM.1448 exige que les deux administrations concernées se consultent;
- b) que toute station du service fixe située dans la zone de coordination doit faire l'objet d'un examen afin de déterminer si elle va subir ou provoquer des brouillages dépassant la limite admissible;
- c) que la Recommandation UIT-R P.452 fournit les données de départ requises sur la propagation pour évaluer le brouillage des liaisons point à point individuelles;
- d) que l'expérience a démontré, dans de nombreux cas, que des distances de séparation de quelques kilomètres seulement s'avèrent suffisantes, si l'on tient compte de conditions particulières en termes de relief et d'effets d'écran du terrain (voir la Fig. 1);
- e) que la méthode à appliquer pour déterminer le niveau de brouillage doit faire l'objet d'un accord entre les administrations concernées;
- f) que la formulation de directives à l'intention des administrations quant à l'évaluation détaillée de ces niveaux de brouillage en vue de l'exécution d'une analyse préliminaire peut, dans certains cas, contribuer utilement aux activités détaillées de coordination et d'évaluation des brouillages,

recommande

1. que l'on puisse utiliser les méthodes présentées à l'Annexe 1 pour évaluer les possibilités de brouillage entre des stations terriennes et certaines stations du service fixe à l'intérieur de la zone de coordination.

ANNEXE 1

**Détermination des possibilités de brouillage entre stations terriennes
du service fixe par satellite et stations du service fixe**

La méthode suivante peut être utilisée pour évaluer le risque de dépassement d'un niveau préalablement fixé de brouillage entre stations terriennes et certaines stations de Terre.

1. Méthode d'élimination préliminaire

La méthode de calcul de la zone de coordination décrite dans la Recommandation UIT-R SM.1448 suppose certaines valeurs de référence pour les paramètres des stations de Terre. Un très fort pourcentage des stations de Terre existantes ou prévues situées dans une zone de coordination peut néanmoins être éliminé de l'étude si les paramètres

* Les Commissions d'études 4 et 9 des radiocommunications ont apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

réels ou prévus de ces stations sont connus; on utilise à cet effet les contours auxiliaires définis dans l'Appendice S7 au Règlement des radiocommunications.

Une série de contours est associée à différentes valeurs du facteur de sensibilité au brouillage, S , de la station de Terre, défini comme suit:

$$S = G_r - P_r(p) \quad \text{dBW} \quad (1)$$

où:

G_r : gain net (dBi) de l'antenne de réception de la station de Terre dans la direction de la station terrienne (c'est-à-dire gain de l'antenne elle-même, diminué de la perte dans la ligne de transmission aux radiofréquences (dBi); si l'on ne connaît pas la perte dans la ligne de transmission aux radiofréquences, on admettra qu'elle est de 0 dB)

$P_r(p)$: puissance de brouillage admissible (dBW), dans la largeur de bande de référence, qui ne doit pas être dépassée pendant plus de $p\%$ du temps, à l'entrée du récepteur d'une station brouillée (ici, une station de Terre).

L'autre série de contours est associée à différentes valeurs de la p.i.r.e. de la station de Terre:

$$E = P_{t'} + G_{t'} \quad \text{dBW} \quad (2)$$

où:

$P_{t'}$: puissance d'émission (dBW), dans la largeur de bande de référence B , disponible à l'entrée de l'antenne d'une station brouilleuse (ici, une station de Terre)

$G_{t'}$: gain isotrope (dBi) de l'antenne d'émission de la station de Terre, dans la direction de la station terrienne.

Chacune des stations de Terre qui se trouvent dans la zone de coordination, peut désormais être étudiée pour savoir s'il est possible de l'éliminer par la suite:

- pour les stations de Terre qui peuvent subir des brouillages de la part de la station terrienne, on détermine leur facteur de sensibilité au brouillage dans la direction de la station terrienne. Si cette valeur est inférieure à la valeur associée au contour le plus proche en dehors duquel se trouve la station, il est possible d'éliminer cette station. Dans le cas contraire, il faut effectuer des calculs détaillés, comme indiqué au § 2;
- pour les stations de Terre qui peuvent provoquer des brouillages à la station terrienne, on détermine la p.i.r.e. réelle dans la direction de la station terrienne. Si cette valeur est inférieure à la valeur associée au contour le plus proche en dehors duquel se situe la station de Terre, il est possible de l'éliminer. Dans le cas contraire, il faut effectuer des calculs détaillés, comme indiqué au § 2.

Cette méthode repose sur l'hypothèse suivant laquelle le nombre présumé de brouillages, pris en compte dans la Recommandation UIT-R SM.1448 pour le calcul des contours auxiliaires, n'est pas dépassé.

Les stations de Terre qui se trouvent éliminées par la méthode ci-dessus et dont il n'y a plus lieu de tenir compte pour les modes de propagation le long de l'arc de grand cercle doivent néanmoins être prises en considération dans l'étude pour le mode de propagation par diffusion sur les hydrométéores, si ces stations se trouvent à l'intérieur de la zone de coordination pour ce dernier mode de propagation.

2. Détermination des possibilités de brouillage imputables aux mécanismes de propagation le long du grand cercle (mode (1))

Les stations de Terre situées à l'intérieur de la zone de coordination, que la méthode décrite au § 1 n'a pas permis d'éliminer, doivent faire l'objet d'une étude plus détaillée.

Pour chaque station de Terre, il est nécessaire de comparer les valeurs de l'affaiblissement de propagation disponible pour le trajet et de l'affaiblissement de propagation minimal admissible pour que le brouillage soit négligeable, pour deux pourcentages de temps, d'une part 20% du temps, p_1 , d'autre part un petit pourcentage du temps ($< 1\%$) que l'on désignera par p_2 .

Le brouillage est négligeable si, pour les deux pourcentages de temps envisagés, l'affaiblissement de propagation disponible pour le trajet dépasse l'affaiblissement de propagation minimal admissible.

2.1 Niveaux du brouillage maximal admissible

Le niveau de la puissance brouilleuse admissible à l'entrée du récepteur d'une station de Terre ou terrienne peut s'exprimer, sous la forme la plus générale, par la puissance radioélectrique non désirée P_r , qui est produite par l'une quelconque de n sources de brouillage considérées, dans une largeur de bande de référence B , et qui ne peut pas être dépassée pendant plus d'un pourcentage de temps déterminé p_i . Dans la plupart des applications pratiques, il suffira d'assigner deux valeurs à ce pourcentage: une valeur p_1 qui traduit les conditions normales (quasi médianes) où l'on suppose que toutes les sources brouilleuses contribuent simultanément au brouillage total, ces contributions s'additionnant en puissance conformément à l'expression:

$$P_r(p_1) = 10 \log (k T_r B) + J - W \quad \text{dBW} \quad (3)$$

et un deuxième pourcentage p_2 qui correspond à un brouillage nettement plus fort (petits pourcentages de temps) pour lequel on suppose que les contributions de toutes les sources brouilleuses ne sont pas simultanées et que les brouillages s'additionnent sur la base des pourcentages de temps, à savoir:

$$P_r(p_2 / n_2) = 10 \log (k T_r B) + 10 \log (10^{M_s/10} - 1) + N_L - W \quad \text{dBW} \quad (4)$$

où:

- p_1, p_2 : pourcentages du temps pendant lesquels le brouillage en provenance de toutes les sources peut dépasser le niveau admissible; p_1 représente les conditions à long terme ($p_1 \geq 1\%$) et p_2 les conditions à court terme ($p_2 \leq 1\%$)
- n_1 : nombre effectif probable de contributions simultanées, de même niveau, au brouillage total, correspondant à p_1 (voir les Notes 1 et 2)
- n_2 : nombre effectif probable de contributions non simultanées, de même niveau, correspondant à p_2 et se produisant pendant le même pourcentage de temps (voir la Note 1)
- k : constante de Boltzmann: $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
- T_r : température de bruit du système de réception (par atmosphère claire, aux stations terriennes) (K)
- B : largeur de bande de référence (Hz) (largeur de bande intéressant le système brouillé dans laquelle on peut déterminer la valeur moyenne de la puissance de brouillage)
- J : valeur à long terme (20% du temps) du rapport (dB) de la puissance de brouillage admissible à la puissance de bruit thermique dans le système de réception (voir la Note 2)
- M_s : marge de protection contre les évanouissements (voir la Note 3)
- N_L : contribution au bruit affectant la liaison (voir la Note 4)
- W : facteur d'équivalence de bruit thermique (dB) pour les émissions brouilleuses dans la largeur de bande de référence. Ce facteur est positif lorsque les émissions brouilleuses ne causent pas une dégradation plus importante que le bruit thermique (voir les § 2 et § 2.4 de l'Annexe 2 de la Recommandation UIT-R SM.1448).

Le Tableau 1 donne les valeurs numériques de ces paramètres.

TABLEAU 1

Valeurs des paramètres utilisés dans les expressions (3) et (4)

Gamme de fréquences (GHz)		1-10		1-10	1-10		10-15		10-15		15-40	15-40
Service du système brouilleur		Fixe par satellite		Fixe par satellite	Fixe et mobile		Fixe et mobile		Fixe par satellite		Fixe	Fixe par satellite
Système utile	Service	Fixe		Fixe	Fixe par satellite		Fixe par satellite		Fixe		Fixe par satellite	Fixe
	Type de station	Faisceaux hertziens		Trans-horizon	Station terrienne		Station terrienne		Faisceaux hertziens		Station terrienne	Faisceaux hertziens
	Modulation	A	N	A	A	N	A	N	A	N	N	N
p_1 (%)		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
p_2 (%)		0,01	0,005	0,01	0,03	0,005	0,03	0,005	0,01	0,005	0,003	0,005
n_2		2	3	1	3	3	2	2	2	3	2	1
B (Hz)		4×10^3	10^6	4×10^3	10^6	10^6	10^6	10^6	4×10^3	10^6	10^6	10^6
J (dB)		9	-6	0 ⁽¹⁾	-10	-10	-8,5	-8,5	13	-2 ⁽²⁾	-7	0 ⁽²⁾
W (dB)		0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0
T_r (K) ⁽³⁾		750	750	500	100	100	200	200	1 500	1 500	300	3 200
M_s (dB)		33	37	26	2	2	4	4	33	37	6	25
N_L (dB)		0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0

A: analogique

N: numérique

(1) On suppose que les systèmes transhorizon comportent un saut unique.

(2) Ces valeurs conviennent pour le cas général où les évanouissements du signal utile et du signal brouilleur sont sans corrélation. Dans le cas où la corrélation entre ces évanouissements (dus aux précipitations) peut être considérée comme assez élevée – c'est-à-dire lorsque le signal brouilleur suit le même trajet que le signal désiré – il se peut que des valeurs de J différentes des valeurs indiquées soient applicables.

(3) A utiliser au cas où ces valeurs ne seraient pas connues.

Note 1 – Le nombre de sources de brouillage possibles, n , doit être scindé en deux: celles qui sont susceptibles de se trouver à proximité, n_1 , et celles qui sont vraisemblablement situées au-delà de l'horizon, n_2 . Par exemple, pour les systèmes de Terre qui fonctionnent dans la bande 1-10 GHz, on a $n = 8$. D'après les indications de la Recommandation UIT-R SM.1448, $n_2 = 3$ par conséquent $n_1 = 5$.

Note 2 – J représente la valeur à long terme du rapport (dB) de la puissance de brouillage admissible d'une source quelconque à la puissance de bruit thermique dans une station donnée. Ce paramètre dépend de n_1 . Dans le cas des systèmes de Terre, si l'on admet que 10% du niveau total de bruit (systèmes analogiques) ou des interruptions de transmissions (systèmes numériques) est imputable aux stations terriennes, pour moitié aux stations voisines et pour l'autre moitié aux stations situées au-delà de l'horizon, la valeur de J est donnée par la formule:

– pour des systèmes analogiques:

$$J = 10 \log (40 / n_1) \quad (5)$$

– pour des systèmes numériques:

$$J = 10 \log (\sqrt{X} - 1) \quad (6)$$

où:

$$X = 1 + 3 / n_1 \quad (7)$$

Avec $n_1 = 5$, $J = 9$ dB pour les signaux analogiques et -6 dB pour les signaux numériques.

Dans le cas d'une station terrienne, en supposant que le bruit thermique ne dépasse pas 70% du bruit total du récepteur, et compte tenu d'un niveau de brouillage à long terme égal à 10% du bruit total (Recommandation UIT-R SF.558), $J = -8,5$ dB, dans l'hypothèse d'une source de brouillage unique. Toutefois, en présence de plusieurs sources, ce chiffre est réduit dans une proportion de $10 \log n_1$. Aux fréquences inférieures à 10 GHz, on peut supposer pour n_1 une valeur comprise entre 1 et 2.

Aux fréquences plus élevées, pour lesquelles on peut s'attendre à une certaine corrélation entre l'évanouissement du signal utile et du signal brouilleur, une majoration de la limite de brouillage est admissible. En pareille circonstance, on peut supposer un niveau de brouillage égal à 25% au lieu de 10% et il convient d'adopter une valeur de J égale à -4 dB au niveau global et égale à -7 dB pour chaque source de brouillage.

Note 3 – M_s est la marge de protection de la liaison contre les évanouissements. Voir la Note 3 du § 2.3.1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R SM.1448.

Note 4 – N_L représente la contribution de l'émetteur du satellite au bruit affectant la liaison, qui comprend notamment le bruit de la liaison montante, le bruit d'intermodulation, etc. En règle générale:

$N_L = 1$ dB pour les liaisons du service fixe par satellite;

$N_L = 0$ dB pour les liaisons du service fixe.

2.2 Affaiblissement de propagation minimal admissible

L'affaiblissement de propagation minimal admissible, pendant 20% du temps, est donné par:

$$L_b(20) = P_{t'} + G_{t'} + G_r - P_r(20) \quad (8)$$

L'affaiblissement de propagation minimal admissible, pendant $p\%$ du temps, est donné par:

$$L_b(p) = P_{t'} + G_{t'} + G_r - P_r(p) \quad (9)$$

où $p = p_2/n_2$ (d'après le Tableau 1), $P_{t'}$ et $G_{t'}$ sont les paramètres pertinents de la station brouilleuse sur le trajet présentant l'affaiblissement de propagation minimal, et G_r , $P_r(p)$ et $P_r(20)$ sont les paramètres pertinents de la station brouillée, sur le trajet présentant l'affaiblissement de propagation minimal.

2.3 Affaiblissement de propagation disponible

La Recommandation UIT-R P.452 indique une méthode de calcul de l'affaiblissement de propagation disponible entre une station terrienne et une station de Terre.

3. Détermination des possibilités de brouillage en cas de diffusion par les hydrométéores (mode (2))

Dans le cas où le brouillage peut être dû à une propagation par diffusion, on doit calculer la valeur de l'affaiblissement de propagation minimal disponible par:

$$L(p) = P_{t'} - P_r(p) \quad (10)$$

et la comparer à celle de l'affaiblissement dû à la propagation par diffusion par les hydrométéores. Si la première valeur est inférieure à la seconde, le brouillage provoqué par la diffusion est alors négligeable. La Recommandation UIT-R P.452 donne une méthode de calcul de l'affaiblissement de propagation disponible entre une station terrienne et une station de Terre, lorsque la diffusion par les hydrométéores constitue le mécanisme de propagation.

4. Résumé

Le brouillage entre une station terrienne et une station de Terre peut être considéré comme négligeable lorsque le niveau de puissance de brouillage, pour les mécanismes de propagation le long du grand cercle, ne dépasse pas le niveau maximal admissible de brouillage pour 20% du temps, et que le niveau de puissance de brouillage, pour tous les autres mécanismes de propagation combinés (c'est-à-dire propagation le long du grand cercle et propagation par diffusion par les hydrométéores) ne dépasse pas le niveau maximal admissible pour un faible pourcentage convenu du temps.

Toutefois, la méthode à suivre pour déterminer de façon détaillée les niveaux de brouillage doit faire l'objet d'un accord entre les administrations concernées. Les méthodes présentées ci-dessus peuvent être utiles à titre indicatif et pour établir une évaluation préliminaire de façon à procéder ensuite à une coordination détaillée de ce type.

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

Contours auxiliaires liés à la discrimination angulaire

Les contours auxiliaires facilitent l'évaluation des nombreuses stations susceptibles de se trouver dans la zone de coordination.

Puisqu'il est peu probable que le lobe principal d'une station de faisceau hertzien de Terre soit dirigé vers une station terrienne, il convient, pour évaluer le niveau de brouillage correspondant au mode de propagation (1), de tenir compte de la directivité angulaire de l'antenne de la station de Terre. La Fig. 2 représente une série de contours qui correspondent à des réductions progressives de 5 dB de gain d'antenne. Il est donc inutile d'étudier plus avant une station de Terre qui ne dirige pas son faisceau principal vers la station terrienne, dès lors que son gain d'antenne (ou celui d'un diagramme de référence) réel est inférieur à la valeur supposée pour déterminer la zone de coordination, dans un rapport au moins égal à la réduction de gain correspondant au contour auxiliaire (Note 1) sur lequel elle est située.

Note 1 – Il convient alors de déterminer la valeur appropriée par interpolation entre deux contours voisins.

Il est indispensable de poursuivre la validation des contours auxiliaires relatifs au mode de propagation (2) pour faciliter leur application. Les contours auxiliaires relatifs au mode de propagation (2) correspondent à l'écart angulaire φ par rapport à l'intersection exacte des lobes principaux de la station terrienne et de la station du service fixe et comportent donc des composantes angulaires d'azimut et d'élévation.

Cela suppose le choix d'un diagramme de rayonnement d'antenne de référence dont l'enveloppe des lobes latéraux présente une configuration défavorable. Il convient d'utiliser de préférence les diagrammes de rayonnement plus précis éventuellement disponibles.

FIGURE 1

Représentation du brouillage mutuel entre un système hertzien de Terre et une station terrienne d'un système à satellite

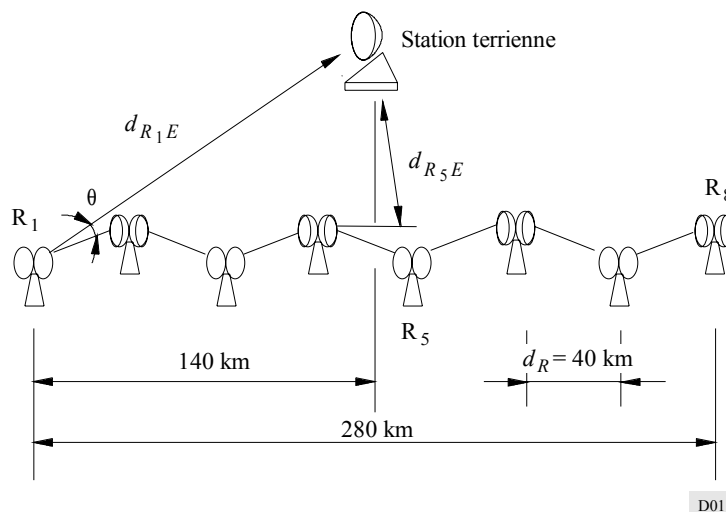


FIGURE 2
 Exemple de contours auxiliaires associés aux modes de propagation (1) (---) et (2) (—)

