

RECOMMANDATION UIT-R S.735-1*

Niveaux maximaux admissibles, dans un réseau du service fixe par satellite géostationnaire, du brouillage provoqué par d'autres réseaux de ce service en dessous de 15 GHz, pour un conduit numérique fictif de référence (CNFR) faisant partie du RNIS

(1992-1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les émissions des stations terriennes et de la station spatiale d'un réseau à satellite géostationnaire, dans le service fixe par satellite (SFS), peuvent brouiller un autre réseau de ce type si les deux réseaux utilisent les mêmes bandes;
- b) qu'il est souhaitable que le brouillage imposé par les émetteurs de différents réseaux du SFS à d'autres réseaux de ce service soit tel que l'orbite soit rationnellement utilisée;
- c) que le concepteur du système doit normalement régler la qualité globale d'un réseau et être appelé à fournir un service dont la qualité réponde aux critères de performance recommandés par l'UIT en termes de taux d'erreur binaire (TEB);
- d) qu'il est nécessaire de protéger un réseau du SFS contre le brouillage dû à d'autres réseaux du même type;
- e) que, pour permettre à un opérateur de régler la qualité de service, il faut disposer d'une valeur limite du brouillage total qu'un réseau doit pouvoir tolérer en présence d'émissions issues de tous autres réseaux;
- f) que, pour limiter le brouillage total d'un réseau provoqué par tous les autres réseaux, il faut déterminer la valeur maximale admissible du brouillage pouvant être imposé à ce réseau par tout autre réseau;
- g) qu'il est souhaitable que l'augmentation du brouillage issu d'autres réseaux à satellites soit une fraction contrôlée du bruit total qui donnerait lieu à un taux d'erreur binaire tel qu'indiqué dans la Recommandation UIT-R S.614;
- h) que les niveaux de brouillage entre réseaux à satellites géostationnaires dans le SFS au-dessous de 10 GHz ne sont pas censés subir de grandes variations dans le temps, et que, dans ces conditions, il est préférable de définir la limite admissible de brouillage sous forme de fraction de la puissance de bruit en amont du démodulateur car cela permet de cumuler les signaux de brouillage multiple, conformément à la loi d'addition en puissance radioélectrique;
- j) que, dans les bandes de fréquences comprises entre 10 et 15 GHz où un affaiblissement de propagation très marqué peut se produire pendant de brèves périodes, il peut être souhaitable de faire appel, dans les systèmes, à un procédé de compensation des évanouissements subis par les signaux;
- k) que, dans le SFS, le brouillage entre réseaux peut suivre une loi de répartition spectrale non uniforme, présentant des crêtes à bande étroite, les porteuses à faible largeur de bande étant précisément plus sensibles à ce type de brouillage,

* La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44 (AR-2000).

recommande

1 qu'un réseau utilisant les bandes de fréquences inférieures à 15 GHz du service fixe à satellite géostationnaire soit conçu et exploité de manière que les dispositions du § 1 de la Recommandation UIT-R S.614 puissent être observées dans tout conduit numérique fictif de référence par satellite faisant partie d'une chaîne de connexion RNIS à 64 kbit/s lorsque la puissance totale du brouillage provoqué par les émissions des stations terriennes ou spatiales de tous les autres réseaux utilisant la même bande (ou les mêmes bandes) de fréquences, ne dépasse pas, à l'entrée du démodulateur et par atmosphère claire, les valeurs suivantes:

1.1 25% de la puissance totale de bruit du système en conditions d'atmosphère claire lorsque le réseau ne fait pas appel à la réutilisation des fréquences;

1.2 20% de la puissance totale de bruit du système en conditions d'atmosphère claire lorsque le réseau fait appel à la réutilisation des fréquences;

2 qu'une limite de 6% de la puissance totale de bruit du système en conditions d'atmosphère claire soit appliquée au brouillage entre réseaux provoqué, dans un réseau du service fixe à satellite géostationnaire tel que mentionné au § 1 ci-dessus, par des stations terriennes et spatiales de tout autre réseau utilisant la même bande (ou les mêmes bandes) de fréquences;

3 que le niveau maximal de la puissance du bruit dû aux brouillages reçus par le réseau soit calculé sur la base des valeurs suivantes du gain d'antenne à la station terrienne de réception, dans une direction présentant un écart angulaire de ϕ degrés par rapport à l'axe du faisceau principal:

$$G = 32 - 25 \log \phi \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 1^\circ \leq \phi < 48^\circ$$

$$G = -10 \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 48^\circ \leq \phi < 180^\circ$$

4 que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation:

NOTE 1 – Pour le calcul des valeurs limites indiquées aux § 1.1, 1.2 et 2, il y a lieu d'admettre que la puissance totale de bruit du système à l'entrée du démodulateur est de nature thermique et intègre toutes les composantes du bruit entre systèmes ainsi que le bruit dû au brouillage reçu des autres systèmes.

Dans le cas d'un brouillage qui n'est pas de nature thermique, il convient de fonder le niveau admissible du brouillage, appliqué à une porteuse numérique, sur l'objectif de qualité à long terme qui est indiqué dans la Recommandation UIT-R S.614 (Annexe 1).

NOTE 2 – Pour ce calcul de brouillage, dans la mesure où il s'applique aux réseaux à satellites exploités dans un milieu provoquant des évanouissements, il y a lieu d'admettre que le niveau de puissance de la porteuse sera réduit jusqu'à ce que la performance du système revienne au niveau du TEB (pendant un certain pourcentage de mois) correspondant à l'objectif ci-dessus (voir en Annexe 1 de plus amples explications).

NOTE 3 – On admet, dans la présente Recommandation, que le brouillage issu des autres réseaux à satellites est continu aux fréquences inférieures à 10 GHz; un complément d'étude est nécessaire pour les cas de brouillage discontinu au-dessus de 10 GHz.

NOTE 4 – Lorsque le brouillage se caractérise par une répartition spectrale non uniforme, le concepteur peut prévoir, lors de la conception du système, une plus grande contribution du brouillage subi par les porteuses à bande étroite. L'Annexe 2 présente en détail un modèle mis au point à cette fin.

NOTE 5 – Pour les réseaux utilisant la téléphonie à codage MIC à 8 bits, voir la Recommandation UIT-R S.523.

NOTE 6 – Dans certains cas, il peut être nécessaire de donner au brouillage dû à une source unique une valeur limite inférieure à celle qui est citée au § 2 ci-dessus, afin de ne pas dépasser la valeur totale recommandée au § 1. Dans d'autres cas, en particulier dans les arcs encombrés de l'orbite des satellites géostationnaires, les administrations pourront convenir, aux termes d'arrangements bilatéraux, d'appliquer des valeurs de puissance de brouillage par source unique supérieures à celles qui sont citées au § 2; toutefois, si la puissance du bruit de brouillage est supérieure à la valeur recommandée au § 2, on n'en tiendra pas compte dans les calculs effectués pour déterminer si la valeur totale recommandée au § 1 est dépassée.

NOTE 7 – Il est urgent d'étudier la possibilité d'admettre une augmentation des valeurs totales maximales du bruit dû au brouillage, recommandées au § 1.

NOTE 8 – Bien que les dispositions de la présente Recommandation aient été étendues jusqu'à une limite supérieure de fréquence de 15 GHz, on ne dispose pas de données de propagation pour l'ensemble du globe; il y a donc lieu de continuer à analyser ces données afin de confirmer la validité des marges de brouillage et de satisfaire aux § 1.2 et 1.3 du dispositif de la Recommandation UIT-R S.614.

NOTE 9 – Il est nécessaire d'étudier d'urgence les marges de bruit de brouillage convenant à des systèmes qui utilisent des fréquences supérieures à 15 GHz.

NOTE 10 – Les critères de brouillage indiqués dans la présente Recommandation ne sont applicables qu'à la transmission de services numériques s'inscrivant dans le domaine d'application des Recommandations UIT-T G.821 et UIT-R S.614. La Commission d'études 4 des radiocommunications devra procéder à de nouvelles études sur les objectifs de qualité et sur les critères de brouillage appropriés à des transmissions numériques aux débits autres que 64 kbit/s dans une chaîne de connexion RNIS, au fur et à mesure qu'elle obtiendra des informations sur les normes de qualité de ces services.

NOTE 11 – Les principes de la présente Recommandation sont également applicables aux réseaux numériques à satellites dont les objectifs de qualité à long terme sont différents de ceux de la Recommandation UIT-R S.614. Cette question doit faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 12 – Une attention particulière devra sans doute être portée sur les porteuses numériques à bande étroite, qui sont parfois brouillées par des émissions de signaux analogiques de télévision. En de tels cas, où intervient une dispersion artificielle de l'énergie à la fréquence d'image, les rapports de protection indiqués dans la Recommandation UIT-R S.671 sont applicables. Cette question doit faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 13 – Il faut par ailleurs attirer l'attention sur les brouillages imputables à des systèmes AMRT, lorsqu'en raison du chevauchement des paquets de données à l'entrée du répéteur d'un système brouillé, le TEB augmente par rapport à celui observé en cas d'attribution synchrone des paquets.

NOTE 14 – Afin d'inciter à mieux utiliser l'orbite, les opérateurs de réseaux fonctionnant dans des environnements très pluvieux sont incités à utiliser un procédé de compensation des évanouissements.

NOTE 15 – La présente Recommandation est en rapport étroit avec la Recommandation UIT-R S.614, ce qu'il faudra prendre en considération lors de toutes révisions futures de l'une ou l'autre Recommandation.

NOTE 16 – Les Annexes 1 et 2 à la présente Recommandation traitent du niveau de brouillage admissible dans un conduit numérique RNIS par satellite.

ANNEXE 1

Considérations relatives au niveau de brouillage admissible dans un conduit numérique RNIS par satellite

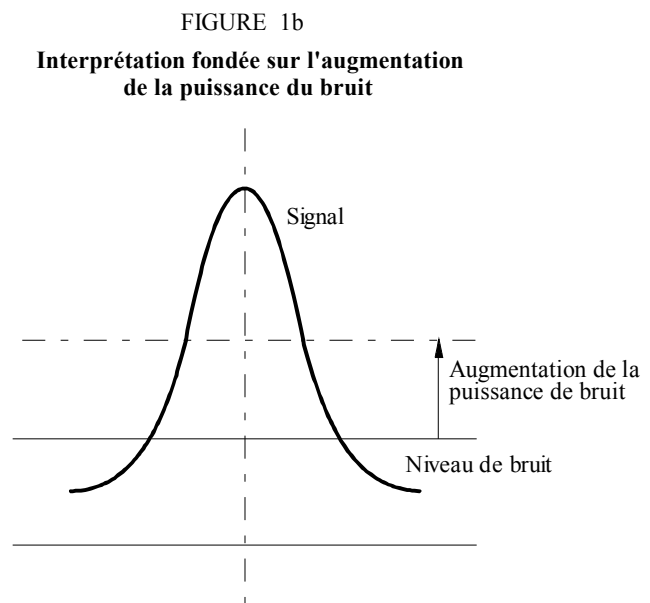
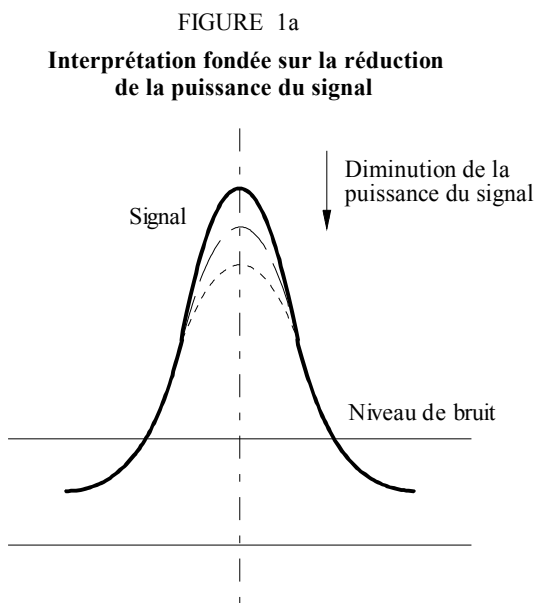
La mise au point d'une Recommandation sur le niveau de brouillage admissible dans un conduit numérique RNIS par satellite est un élément essentiel pour que les réseaux à satellites disposent d'une base de travail permettant d'entreprendre une coordination, ou pour que les concepteurs prévoient, dans leurs bilans de liaison, une certaine marge de bruit.

Lors de l'établissement de la présente Recommandation, on a relevé deux façons d'interpréter le niveau de bruit mentionné dans la Recommandation UIT-R S.523, qui traite des niveaux maximaux admissibles du brouillage dans un réseau du service fixe par satellite utilisant la téléphonie à codage MIC à 8 bits.

Les termes employés dans le § 1.1 du dispositif de la Recommandation UIT-R S.523 sont les suivants:

«... le niveau de puissance de brouillage ... ne dépasse pas 25% du niveau total de la puissance de bruit à l'entrée du démodulateur, ce qui se traduirait par un taux d'erreur binaire de 1×10^{-6} ».

L'objet de la discussion était de déterminer le niveau total de puissance de bruit à indiquer dans la Recommandation lorsque le niveau de la porteuse utile est plus élevé que celui qui correspond à un TEB de 1×10^{-6} . Une des solutions consiste à réduire le niveau de la porteuse comme indiqué sur la Fig. 1a de manière que le TEB passe à 1×10^{-6} . L'autre moyen est d'augmenter le bruit comme indiqué sur la Fig. 1b jusqu'au niveau où l'on obtient un TEB de 1×10^{-6} . Il est ressorti des échanges de vues lors des récentes réunions que c'est la première de ces interprétations qui est la bonne.



Au cours de l'élaboration de la présente Recommandation, un autre débat s'est engagé au sujet de la nécessité de fonder les niveaux de brouillage admissibles sur les objectifs de qualité RNIS (Recommandation UIT-R S.614) ou sur un rapport I/N (densité de brouillage à densité de bruit).

Les paragraphes suivants résument les délibérations qui ont conduit à adopter la présente Recommandation.

Méthode du rapport I/N

Selon l'interprétation retenue, c'est-à-dire une diminution de la porteuse selon la Fig. 1a, le niveau total de la puissance de bruit correspond au niveau du bruit en service, qui reste constant quel que soit le niveau de la porteuse. Cela étant, il n'est plus nécessaire de faire référence, dans la présente Recommandation, à la valeur du TEB.

C'est ainsi que la majorité s'est prononcée en faveur d'une proposition visant à décrire le niveau admissible de brouillage en simples termes de bruit total, sans faire référence au TEB dans la nouvelle Recommandation pour les applications RNIS à 64 kbit/s, comme dans la Recommandation UIT-R S.523.

Il convient de remarquer que cette méthode ne préjuge pas l'emploi du rapport C/I lors d'une analyse de coordination. Lorsqu'il est approprié d'utiliser le rapport C/I , on peut calculer la plus faible valeur admissible de celui-ci en divisant le niveau C de la porteuse en service par le niveau admissible I du brouillage, extrait du bruit total du système. Dans ce cas, la valeur admissible du rapport C/I dépendra du niveau de la porteuse du système brouillé. La valeur absolue du niveau maximal admissible de la porteuse brouilleuse n'est cependant pas affectée par le niveau de la porteuse du système brouillé.

Méthode du TEB

D'autre part, il était nécessaire de conserver la notion de TEB dans une Recommandation relative au brouillage étant donné qu'on ne saurait considérer tous les signaux brouilleurs comme un bruit gaussien. Dans les cas où le brouillage ne peut être assimilé à du bruit gaussien, il y a lieu d'utiliser la caractéristique de TEB pour calculer le brouillage. Il en va ainsi lorsqu'on constate qu'en beaucoup d'autres cas l'effet du brouillage est plus important que le bruit gaussien. Au nombre des exceptions figurent les signaux de télévision affectant les transmissions à une seule voie par porteuse, les signaux de télévision affectant les porteuses à débit de données intermédiaire, la téléphonie en modulation de fréquence à haute capacité et à dispersion d'énergie affectant les porteuses sensibles et les signaux AMRT affectant un système numérique lorsqu'il y a chevauchement dans le temps des paquets AMRT au niveau du satellite brouillé. On a par ailleurs estimé que les divers types de brouillage, y compris les effets de la CED et ceux de diverses excursions de fréquence entre porteuses, n'avaient pas été analysés en profondeur à cette occasion.

On a finalement jugé utile de consacrer une annexe à la méthode conventionnelle du TEB, étant entendu que cette Recommandation sur les brouillages est fondée sur l'hypothèse que ces derniers ont un caractère de bruit.

ANNEXE 2

**Modèle de répartition du brouillage
pour les porteuses à bande étroite**

1 Les porteuses par satellite dont la largeur de bande est inférieure à 12,5 MHz pour assurer des connexions à 64 kbit/s sont plus facilement affectées par l'exposition aux crêtes de brouillage à haute densité de puissance que les porteuses à bande plus large.

On peut donc fixer une marge supplémentaire pour tenir compte du brouillage dès la conception du système, comme suit:

- dans le cas de porteuses dont la largeur de bande est inférieure à 2,5 MHz, on peut ajouter 20% aux pourcentages de bruit total du système, indiqués dans les § 1.1, 1.2 et 2 ci-dessus;
- dans le cas de porteuses dont la largeur de bande est comprise entre 2,5 MHz et 12,5 MHz, on peut ajouter jusqu'à $X\%$ aux pourcentages de bruit total du système, indiqués dans les § 1.1, 1.2 et 2 ci-dessus;

La valeur de $X\%$ décroîtra linéairement entre 20% et 0%, en fonction de la largeur de bande.

Ces marges, déterminées de façon à tenir compte de la largeur de bande, sont fondées sur le modèle de brouillage qui fait l'objet du paragraphe suivant.

Ces marges pourront être adoptées par les exploitants de satellites, lors de la conception de leurs systèmes.

2 Modèle pour la répartition du brouillage

Une porteuse utilisant la même fréquence pour la télévision et la modulation de fréquence avec dispersion d'énergie (DE) est le phénomène le plus brouilleur pour les porteuses à bande étroite.

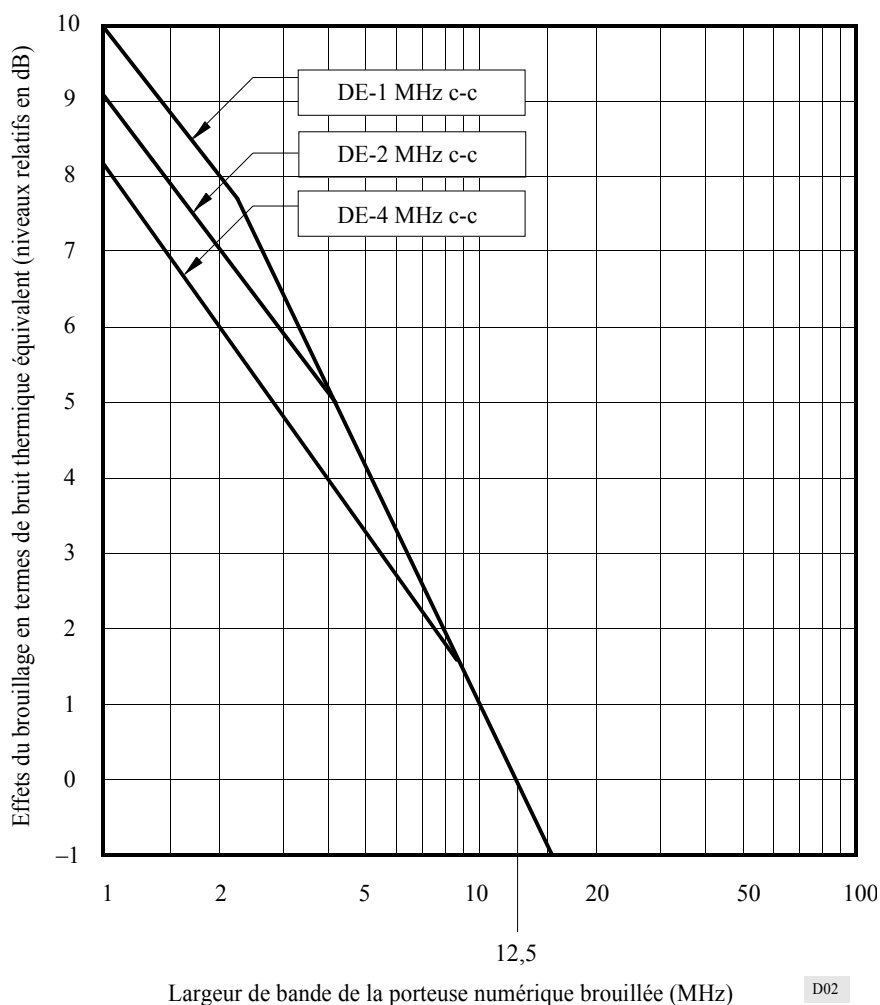
La Fig. 2 montre les résultats d'une série de mesures. Ces courbes indiquent le niveau de bruit thermique qui produirait la même dégradation du TEB que les signaux brouilleurs. Les courbes de la Fig. 2, qui sont assez peu sensibles au TEB dans le canal brouillé, ont une origine 0 dB normalisée à 12,5 MHz.

Lorsque la bande d'une porteuse numérique utile est assez large (supérieure à 12,5 MHz, ce qui correspond à la bande passante contenant la plus grande partie de l'énergie d'une seule porteuse TV-MF brouilleuse) plusieurs signaux brouilleurs, analogiques ou numériques, peuvent entrer dans cette bande. Dans ce cas, le brouillage est modélisé par une valeur constante de densité spectrale de puissance, provoquant en moyenne un niveau constant de dégradation, indépendant de la largeur de la bande.

Pour les bandes de largeur comprise entre 2,5 MHz et 12,5 MHz, le brouillage provoqué par un seul signal TV-MF, avec dispersion d'énergie dans le même canal, devient dominant. Le pire cas de dégradation de la Fig. 2 a une pente linéaire présentant une décroissance de 7 dB entre les points à 2,5 MHz et à 12,5 MHz.

FIGURE 2

**Brouillage provoqué par un seul signal TV-MF
avec dispersion d'énergie dans le même canal**



Les bandes de largeur inférieure à 2,5 MHz correspondent aux porteuses de transmission de données à faible débit, qui sont très sensibles aux brouillages par TV-MF. Dans cette gamme, où l'on fait normalement appel à la coordination des fréquences pour éviter le brouillage issu directement du signal TV-MF dans le même canal, le présent modèle adopte un niveau maximal constant de dégradation admissible en tant qu'objectif de coordination en fréquence.

Le modèle correspondant au scénario du cas le moins favorable est représenté à la Fig. 3. Dans ce modèle, le brouillage est un paramètre qui dépend de la largeur de bande.

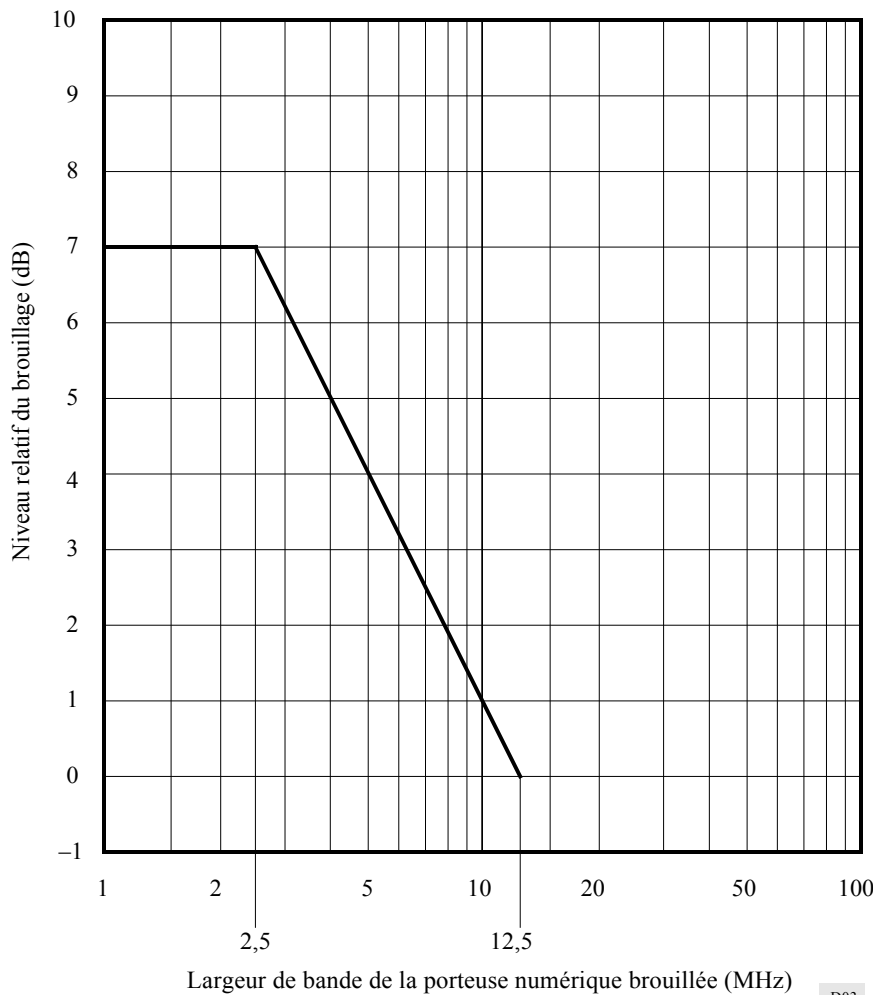
Comme le facteur de 7 dB à la Fig. 3 correspond à un facteur de 5 sur une échelle arithmétique, les marges suivantes peuvent être adoptées pour le brouillage par source unique:

- 6% du bruit total du système pour les bandes de largeur supérieure à 12,5 MHz;
- 30% du bruit total du système pour les bandes de largeur inférieure à 2,5 MHz;
- interpolation linéaire entre 2,5 MHz et 12,5 MHz.

Dans le cas d'un brouillage cumulatif, les valeurs suivantes sont calculées:

- 15% du bruit total du système pour une bande de largeur supérieure à 12,5 MHz (cela en admettant un facteur de 2,5 entre entrée cumulative et entrée unique de bruit de nature thermique);
- 40% du bruit total du système pour une bande de largeur inférieure à 2,5 MHz (cela en admettant la présence d'une seule porteuse TV-MF dans le même canal et un brouillage supplémentaire de nature thermique équivalent à 1,5 fois le bruit provoqué en l'absence du signal brouilleur TV-MF);
- interpolation linéaire entre 2,5 MHz et 12,5 MHz.

FIGURE 3
Modèle de brouillage



D03

En pratique, ces niveaux de brouillage, qui dépendent de la largeur de bande, peuvent être un peu arrondis pour les faire correspondre à l'indication simplifiée du § 1 de la présente Annexe, qui prescrit un taux supplémentaire de 20% par rapport aux pourcentages indiqués dans les § 1.1, 1.2 et 2 du dispositif de la Recommandation pour les largeurs de bande de porteuse inférieures à 2,5 MHz, en présence de brouillage aussi bien par source unique que cumulatif. Le § 1 de la présente Annexe suggère la règle d'application pratique du principe de variation en fonction de la largeur de bande.