

RECOMMANDATION UIT-R S.483-3***

**Niveau maximal admissible du brouillage, dans un canal de télévision
d'un réseau à satellite géostationnaire du service fixe
par satellite utilisant la modulation de fréquence,
produit par d'autres réseaux de ce service**

(1974-1978-1992-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les porteuses de TV-MF sont sensibles au brouillage issu d'autres porteuses du service fixe par satellite (SFS);
- b) qu'en particulier les porteuses de TV-MF sont sensibles au brouillage issu d'autres opérateurs de TV-MF;
- c) que le brouillage entre réseaux du SFS apporte une contribution au bruit dans le système;
- d) qu'il est souhaitable que le bruit, imputable aux brouillages provoqués dans les canaux de télévision d'un réseau du SFS par des émetteurs d'autres réseaux de ce service, soit d'un niveau qui permette d'assurer une efficacité raisonnable d'utilisation de l'orbite;
- e) que la qualité globale d'un réseau doit essentiellement rester sous la responsabilité de celui qui conçoit le système;
- f) qu'il est nécessaire de protéger un réseau du SFS contre les brouillages causés par d'autres réseaux de ce service;
- g) qu'il est nécessaire de spécifier la puissance maximale de brouillage admissible dans un canal de télévision, afin de déterminer les caractéristiques des stations spatiales et des stations terriennes, telles que les rapports de protection requis et l'espacement orbital minimal;
- h) que des masques de rapport de protection sont utiles pour déterminer l'espacement orbital minimal et pour effectuer des exercices de coordination;
- j) que le niveau de qualité 4, défini dans la Recommandation UIT-R BT.500, est habituellement adéquat pour la réception individuelle de télévision (DTH);

recommande

1 que les différents réseaux à satellites géostationnaires du SFS, qui fonctionnent dans les mêmes bandes de fréquences, soient conçus de manière que la puissance du bruit de brouillage dans un circuit fictif de référence pour la télévision, dans un réseau du SFS utilisant la modulation de fréquence, dû à l'ensemble des émetteurs des stations terriennes et des stations spatiales d'autres réseaux, ne dépasse pas 15% du bruit du signal vidéo admissible dans le circuit fictif de référence, pendant plus de 1% d'un mois quelconque;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention du Groupe de travail 10-11S des radiocommunications.

** 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).

2 que le niveau maximal de puissance du bruit de brouillage causé par un réseau à satellite à un autre réseau à satellite ne dépasse pas $4/10^e$ de la tolérance de brouillage recommandée au § 1; toutefois, dans certains cas, il pourra être nécessaire de limiter la valeur issue d'une source unique à moins de $4/10^e$ de la tolérance de bruit de brouillage indiquée ci-dessus;

3 que les masques de rapport de protection décrits dans l'Annexe 2 (§ 8) soient utilisés lorsque le brouilleur est une autre porteuse TV-MF (Note 6);

4 que le niveau maximal de la puissance de bruit de brouillage transmise à un autre réseau à satellite soit calculé sur la base des valeurs suivantes, pour le gain des antennes de station terrienne de réception dans une direction faisant un angle φ (degrés) avec l'axe du faisceau principal:

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

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

sauf si le gain réel est connu et est inférieur à la valeur ci-dessus, auquel cas il convient d'utiliser cette valeur réelle;

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

NOTE 1 – Les valeurs ci-dessus du bruit de brouillage doivent être comprises dans les tolérances totales de bruit, comme indiqué dans la Recommandation UIT-R S.354.

NOTE 2 – Dans les portions d'orbite géostationnaire où il est peu probable qu'il y ait une forte densité de satellites, des limites de puissance de bruit de brouillage inférieures aux valeurs recommandées ci-dessus pourraient être utilisées, ce qui permettrait une augmentation correspondante des autres contributions de bruit, dans les limites du bruit total admissible.

NOTE 3 – En particulier dans les cas où le brouillage est provoqué par des émetteurs utilisant des techniques d'accès multiple à répartition en code, le brouillage causé par un autre réseau du SFS, dont il est question au § 2, est égal au brouillage global provenant de toutes les émissions dont les spectres se chevauchent dans ce réseau.

NOTE 4 – Pour calculer le rapport porteuse/brouillage, on peut utiliser les méthodes auxquelles font référence la Recommandation UIT-R S.741 et d'autres textes pertinents de l'UIT-R.

NOTE 5 – Les Annexes 1 et 2 contiennent d'autres renseignements concernant la présente Recommandation.

NOTE 6 – Les masques décrits dans l'Annexe 2 ne tiennent pas compte des besoins de certains systèmes en matière de signaux audio de télévision. Si de telles prescriptions existent, les masques de rapport de protection peuvent, si nécessaire, être remplacés par d'autres masques répondant à ces prescriptions. Ce point doit faire l'objet d'un complément d'étude.

ANNEXE 1

1 Brouillage à porteuses multiples

Étant donné que la transmission télévisuelle utilise en général une bande large, le brouillage pourra parfois se présenter sous la forme d'un certain nombre de porteuses à bande très étroite. En pareil cas, l'analyse et les calculs devront tenir compte, pour déterminer le rapport C/I , de la puissance totale des porteuses brouilleuses qui sont contenues dans la largeur de bande.

2 Son TV

On peut transmettre le son TV en même temps que la porteuse TV, soit en utilisant une fréquence de sous-porteuse modulée par le signal de programme et multiplexée avec le signal vidéo composite, la sous-porteuse étant placée au-dessus de la bande de base TV, soit en employant des techniques de type son dans la synchronisation (SIS). Un seul canal audio à 15 kHz, de haute qualité, est en général offert.

Concernant les techniques d'émission du son TV sur une porteuse distincte, comme la technique SCPC (à une seule voie par porteuse), les textes de l'UIT-R ne prévoient aucun critère spécifique et une étude est nécessaire.

ANNEXE 2

Brouillage entre signaux TV-MF

1 Introduction

Le brouillage entre signaux TV-MF présente une importance particulière parce que les dégradations apportées par un brouilleur TV-MF ont sur les images de TV un effet subjectif qui est différent de celui qui est provoqué par le bruit thermique. La présente Annexe décrit une méthode d'évaluation des dégradations dues au bruit thermique et au brouillage TV-MF, ainsi que le calcul des masques de protection relatifs.

2 Évaluation subjective de la qualité des images TV

L'influence des divers types de dégradation sur la qualité des images est habituellement déterminée au moyen d'évaluations subjectives par un certain nombre d'observateurs, non experts pour la plupart. La Recommandation UIT-R BT.500 décrit les méthodes d'évaluation en spécifiant les conditions d'observation, les échelles de notation et d'autres détails. Une échelle à cinq notes est habituellement utilisée pour décrire la qualité et le niveau des dégradations d'une image TV.

3 Dégradations dues au bruit thermique

Les résultats d'évaluations approfondies des dégradations apportées à un signal NTSC par le bruit thermique conduisent aux expressions approchées suivantes:

$$I_{th} = \exp [30,9 - 8,41 \ln(S/N_w)] \quad (1)$$

Dans l'équation (1), I_{th} représente les dégradations dues au bruit thermique. Sa relation avec le niveau de dégradation est donnée par l'équation générale suivante:

$$I = (5 - Q) / (Q - 1) \quad (2)$$

où:

Q : niveau de dégradation sur l'échelle à cinq notes

S/N_w : rapport signal/bruit pondéré (unifié) (dB).

L'équation (3) constitue également un très bon ajustement sur les notes moyennes d'opinion, comme représenté sur la Fig. 1:

$$I_{th} = [10^{(-S/N_w)/25} / 0,027]^{2,2} \quad (3)$$

4 Dégradations dues au brouillage cocanal, issu d'une autre porteuse TV-MF

De nombreuses études confirment les conclusions suivantes, concernant le brouillage issu d'une autre porteuse TV-MF:

- l'incidence du brouillage cocanal sur la qualité des images est plus importante que celle du bruit thermique de même amplitude;
- les effets subjectifs des dégradations dues au brouillage dans le même canal dépendent du contenu de l'image TV utile; le contenu d'image du signal TV brouilleur paraît jouer un rôle moins important;
- l'excursion de fréquence du signal utile est un facteur important.

L'équation (4) a déjà été proposée pour associer les dégradations apportées à une image TV au rapport de protection entre deux signaux TV-MF de norme NTSC dans le même canal:

$$PR_0 = 16,9 - 8,7 \log I_{int} - 20 \log (D/12) \quad (4)$$

où:

PR_0 : rapport de protection

I_{int} : dégradation apportée par le brouillage cocanal

D : décalage crête-à-crête (MHz) du signal TV utile.

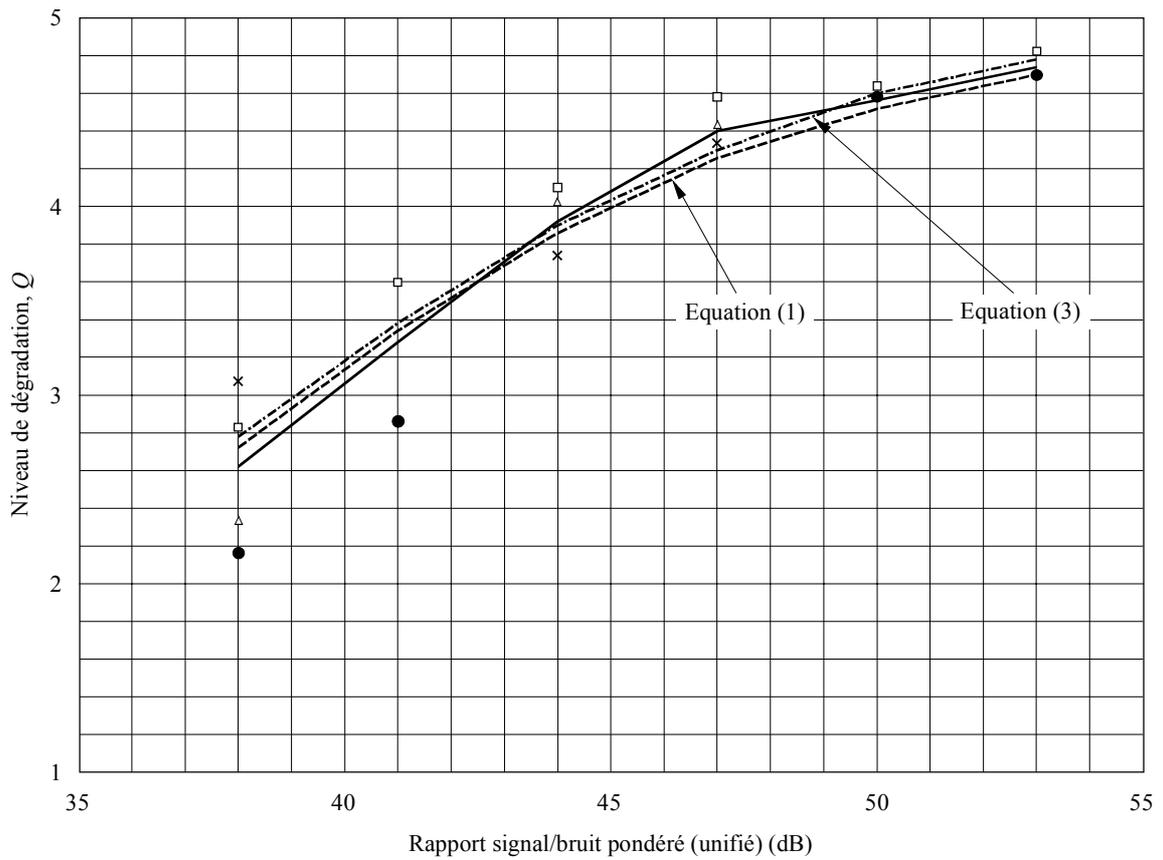
L'équation (2) concerne les dégradations dues aux brouillages situés sur le niveau de dégradation Q correspondant.

La comparaison des dégradations apportées par le bruit thermique et par le brouillage permet d'effectuer une observation importante: les dégradations dues au brouillage cocanal correspondent à celles qui sont dues à un bruit thermique dont le niveau est d'environ 6 dB supérieur au bruit de brouillage. Cette observation va dans le sens de l'utilisation de l'équation (3), ajustée en fonction de l'effet de 6 dB supérieur, lors de la modélisation des dégradations dues au brouillage cocanal. Si l'on applique cette méthode à l'exemple de la Fig. 2, la relation entre le rapport de protection et les dégradations par brouillage cocanal est donnée par l'équation (5) avec un facteur d'ajustement de 6,2 B. Dans cet exemple, $S/N_w = C/N + 30$ (dB). Donc, $S/N_{int} = C/I + 30 - 6,2 = C/I + 23,8 = PR_0 + 23,8$ (dB) et l'équation (5) en découle comme suit:

$$I_{int} = [10^{-(PR_0+23,8)/25} / 0,027]^{2,2} \quad (5)$$

Comme indiqué sur la Fig. 3, cette méthode décrit mieux que l'équation (4) les notes moyennes d'opinion pour le brouillage cocanal, surtout aux niveaux inférieurs.

FIGURE 1
 Dégradations dues au bruit thermique



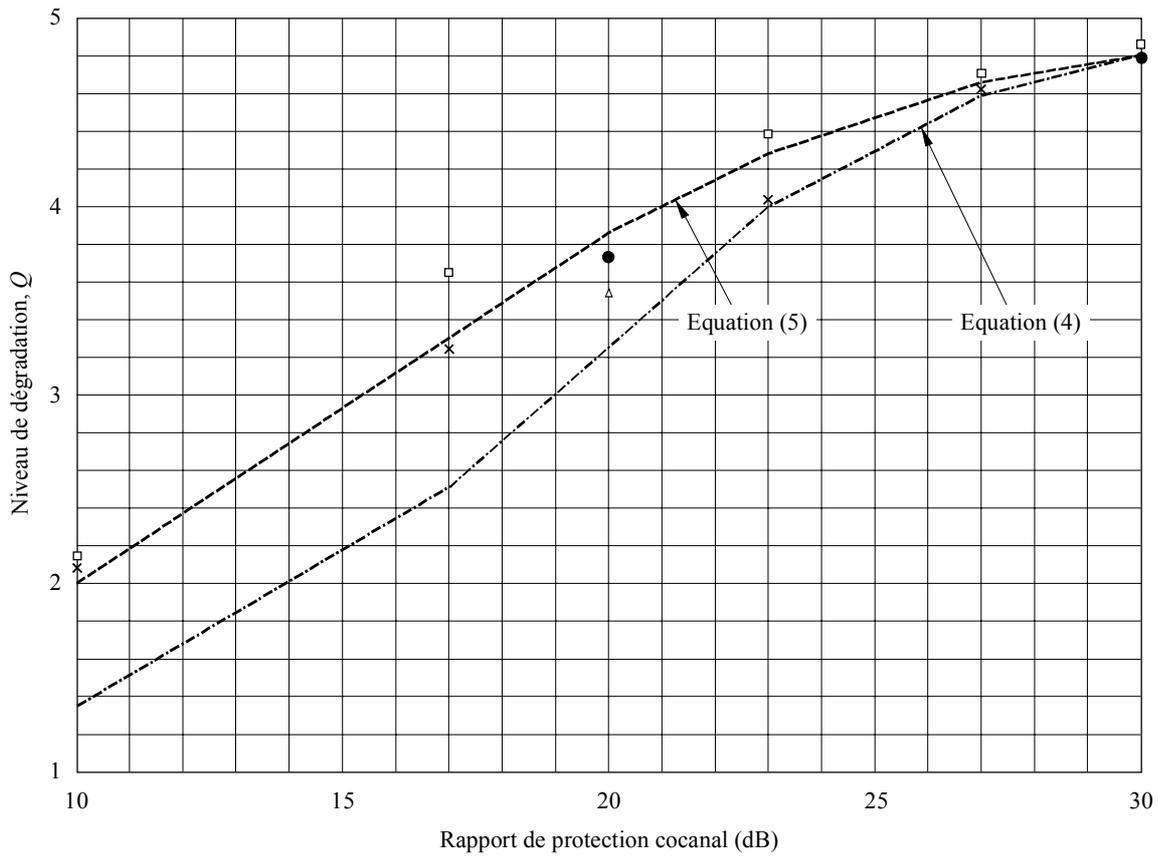
Valeurs mesurées dans le:

- Groupe A
- △ Groupe B
- × Groupe C
- Groupe D

— Moyenne (A-D)

0483-01

FIGURE 2
Dégradations dues au brouillage cocanal



$$S/N_{wth} = C/N + 30 \text{ (dB)} = 56 \text{ dB}$$

Décalage: 9,5 MHz crête-à-crête

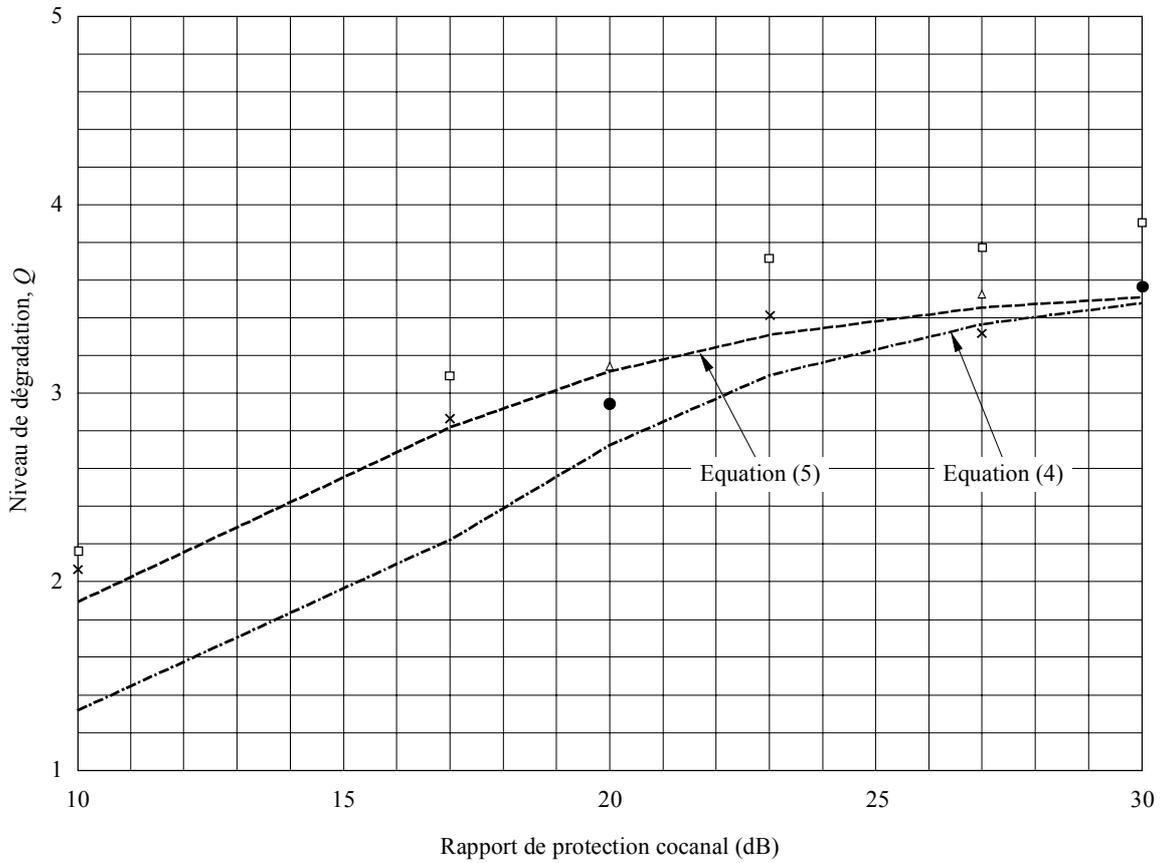
Valeurs mesurées dans le:

- Groupe A
- △ Groupe B
- × Groupe C
- Groupe D

Ajustement 1

Ajustement 2

FIGURE 3
 Dégradations dues au brouillage cocanal et au bruit thermique



Notes moyennes pour
 $S/N_{wth} = C/N + 30$ (dB) = 42 dB
 Décalage: 9,5 MHz crête-à-crête

Valeurs mesurées dans le:

- Groupe A
- △ Groupe B
- × Groupe C
- Groupe D

Ajustement 1
 ----- Addition des bruits avec pondération de 6,2 dB sur le brouillage

Ajustement 2
 -.-.-.-.- Addition des dégradations

0483-03

5 Brouilleurs multiples dans le même canal

Des études ont montré que l'incidence de trois brouilleurs de même niveau dans le même canal était équivalente à celle d'un brouilleur unique ayant une puissance supérieure de 3 à 5 dB. Ces résultats donnent à penser que la loi de sommation en puissances correspond au cas le plus défavorable.

6 Dégradations globales dues au bruit thermique associé au brouillage cocanal

Lorsque le bruit thermique et le brouillage cocanal sont simultanément présents dans un signal TV, la modélisation des dégradations d'image correspondantes n'est pas évidente. L'on sait qu'une simple addition de la puissance de brouillage à la puissance du bruit thermique ne représente pas fidèlement les dégradations obtenues. Une autre méthode, fondée sur l'addition des dégradations dues au bruit thermique et au brouillage cocanal, constitue une meilleure méthode mais elle n'est pas fiable pour les niveaux de dégradation peu élevés. Une nouvelle méthode, fondée sur la sommation du bruit thermique et du bruit par brouillage cocanal pondéré, proposée ci-après, semble offrir une approximation assez fidèle des notes moyennes d'opinion à tous les niveaux de l'échelle des dégradations.

La méthode proposée est fondée sur l'observation (voir le § 4) que les dégradations dues au brouillage cocanal sont à peu près équivalentes à celles qui sont dues à un bruit thermique d'une puissance supérieure de 6 dB environ à celle du brouillage cocanal. On en déduit que l'on peut faire la somme de la puissance de bruit présente dans le signal TV et de la puissance de brouillage cocanal augmentée de 6 dB environ. Cela permet de trouver un rapport S/N_w équivalent. Au moyen de l'équation (3), on peut ensuite déterminer les dégradations introduites. La méthode de la sommation des dégradations est également présentée, à titre comparatif. La méthode proposée est suivie d'un ensemble de courbes correspondant à une série de rapports S/N_w allant de 42 à 56 dB. Ces valeurs permettent d'obtenir une série de rapports de protection allant de 10 à 40 dB, représentés sur la Fig. 4 pour la norme de télévision NTSC, avec une excursion crête-à-crête du signal MF de 9,5 MHz.

7 Incidence de l'excursion du signal TV-MF utile

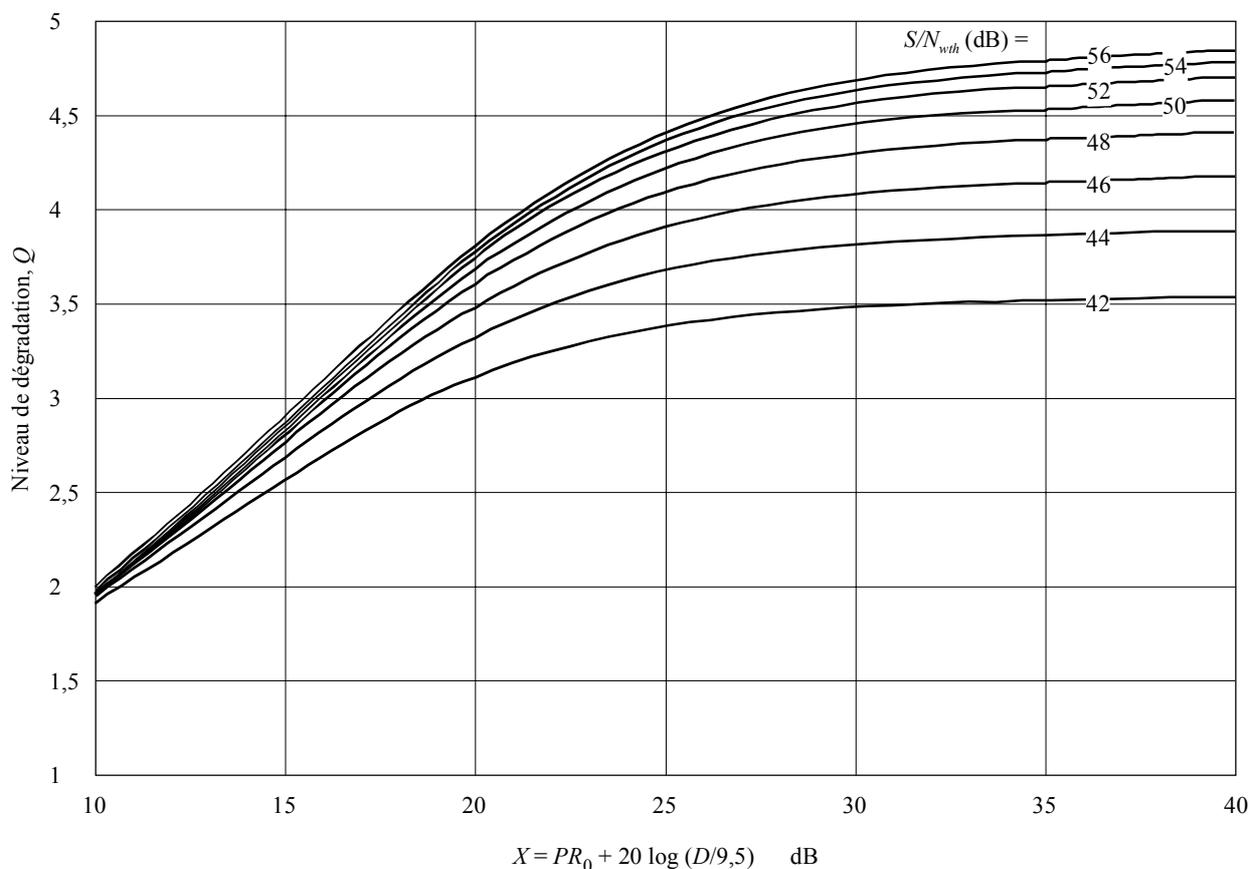
L'excursion du signal TV utile a une incidence notable sur l'importance du brouillage cocanal. De nombreuses études ont montré qu'on pouvait appliquer une loi de type «20 log». En d'autres termes, si l'on détermine, à un rapport de protection PR_0 , l'influence d'un brouilleur dans le même canal sur un signal TV ayant une excursion D_0 , le même brouilleur aura la même influence sur un signal TV dont l'excursion est D_1 au rapport de protection $PR_1 = PR_0 - 20 \log (D_1/D_0)$. En appliquant cette relation aux résultats de la Fig. 4, on obtient une généralisation où l'axe des X devient $X = PR_0 + 20 \log (D/9,5)$ (dB).

L'effet d'une surexcursion du signal TV utile n'a pas été modélisé et appelle un complément d'étude.

8 Mise au point de masques de protection

Tous les résultats précédents étaient fondés sur l'hypothèse que les signaux utile et brouilleur étaient exactement dans le même canal. Dans les applications pratiques cependant, les signaux sont souvent décalés en fréquence. Il est donc nécessaire de construire des masques offrant les rapports de protection requis en fonction du décalage de fréquence. Un tel masque peut généralement être défini par un rapport de protection PR_0 situé dans le palier qui encadre le zéro du décalage de fréquence jusqu'aux pentes de décalage positif et de décalage négatif. Les paragraphes précédents donnent les bases pour déterminer le rapport PR_0 (pour la norme de télévision NTSC). La largeur du palier et les pentes sont examinées dans les paragraphes suivants.

FIGURE 4
Dégradations dues au bruit thermique et au brouillage cocanal



— Rapport signal/bruit thermique S/N_{wth} (dB)

$$PR_0 = X - 20 \log(D/9,5)$$

PR_0 : rapport de protection

D : excursion crête-à-crête (MHz)

0483-04

8.1 Rapport de protection au décalage nul (PR_0)

Les courbes de la Fig. 4 peuvent servir à déterminer le rapport de protection requis au décalage nul de fréquence, en présence d'une dégradation quelconque, jugée admissible, de l'image TV à la norme NTSC.

Par exemple, si un signal TV-MF présentant un rapport signal/bruit thermique de 42 dB et une excursion crête-à-crête de 9,5 MHz brouille un autre signal TV-MF ayant un décalage nul de fréquence et un rapport de protection de 25 dB, l'incidence combinée du bruit thermique et du brouillage produira une dégradation de niveau 3,4. Si, cependant l'excursion crête-à-crête du signal utile est de 19 MHz, le même brouilleur et le même bruit thermique produiront une dégradation de niveau 3,5 (Fig. 4, $X = 25 + 20 \log(19/9,5) = 31$ dB).

8.2 Largeur du palier et pentes du masque

Sur la base des données disponibles, la largeur du palier semble être de ± 5 MHz.

La relation suivante permet d'obtenir une valeur approchée du masque:

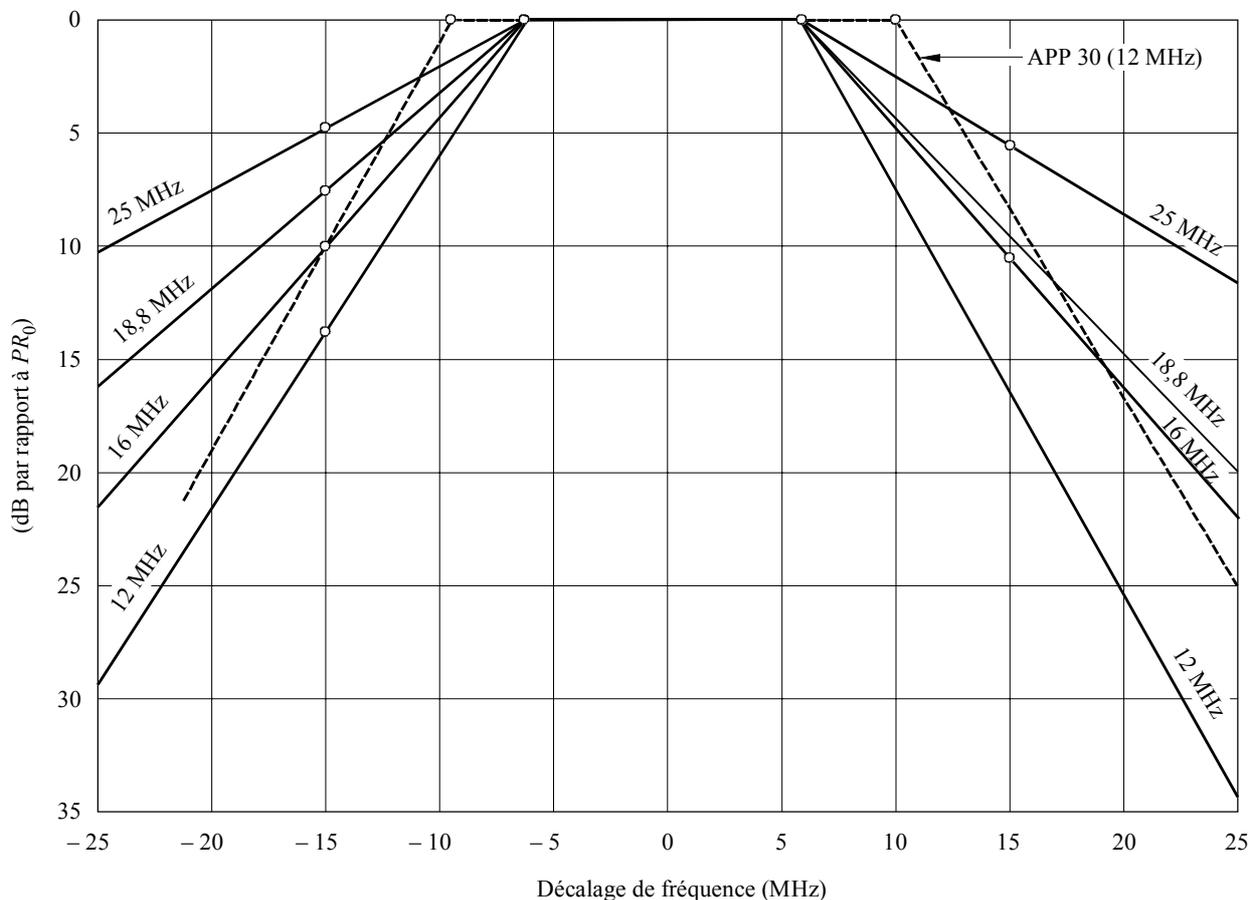
$$S = K [9,5/D - 0,295 \log (D/9,5)] \quad (6)$$

où D est l'excursion crête-à-crête du signal TV utile (MHz) et où $K = 2,3$ et $1,9$ pour, respectivement, la pente de droite et la pente de gauche.

Les résultats ci-dessus ont été calculés sur des signaux TV-MF utilisant une dispersion d'énergie de 2 MHz_{c-c} en l'absence du signal vidéo et de 1 MHz_{c-c} en sa présence. Des études complémentaires sont nécessaires pour déterminer l'incidence d'autres largeurs de bande de dispersion d'énergie.

La méthode présentée ci-dessus a été utilisée pour construire les masques de rapport de protection représentés dans la Fig. 5 pour divers décalages de fréquence.

FIGURE 5
Masques de rapport de protection



0483-05

9 Niveau admissible du brouillage

Le niveau admissible du brouillage dans une porteuse est habituellement défini sous la forme d'un pourcentage (ou d'une fraction) du bruit de prémodulation total. Si cette méthode est appliquée au brouillage issu d'une autre porteuse TV-MF, le rapport de protection devient:

$$PR_0 = \frac{C}{N_{tot}} + 10 \log \frac{1}{i} \quad \text{dB} \quad (7)$$

ou

$$PR_0 = \frac{C}{N_{th}} + 10 \log \frac{1-i}{i} \quad \text{dB} \quad (8)$$

Dans les équations ci-dessus, N_{tot} et N_{th} désignent respectivement le bruit total de prémodulation et le bruit thermique; i est la fraction du bruit total de prémodulation qui est issue du brouillage (dû dans ce cas à un autre émetteur TV-MF).

Au moyen de la méthode expliquée ci-dessus, l'incidence du brouillage TV-MF est déterminée pour une valeur de i comprise entre 4% et 20%, comme indiqué sur la Fig. 6.

Le Tableau 1 montre également les rapports de protection pour différentes porteuses TV-MF et différents pourcentages de brouillage, avec les niveaux de dégradation correspondants. Il est recommandé d'utiliser $i = 15\%$ comme niveau admissible de brouillage global et $i = 6\%$ comme niveau admissible de brouillage par source unique.

Si l'on utilise ces pourcentages et la méthode de détermination des pentes du masque de rapport de protection, on peut calculer des masques pour n'importe quel système TV-MF (NTSC).

FIGURE 6
Dégradations dues au bruit thermique et au brouillage

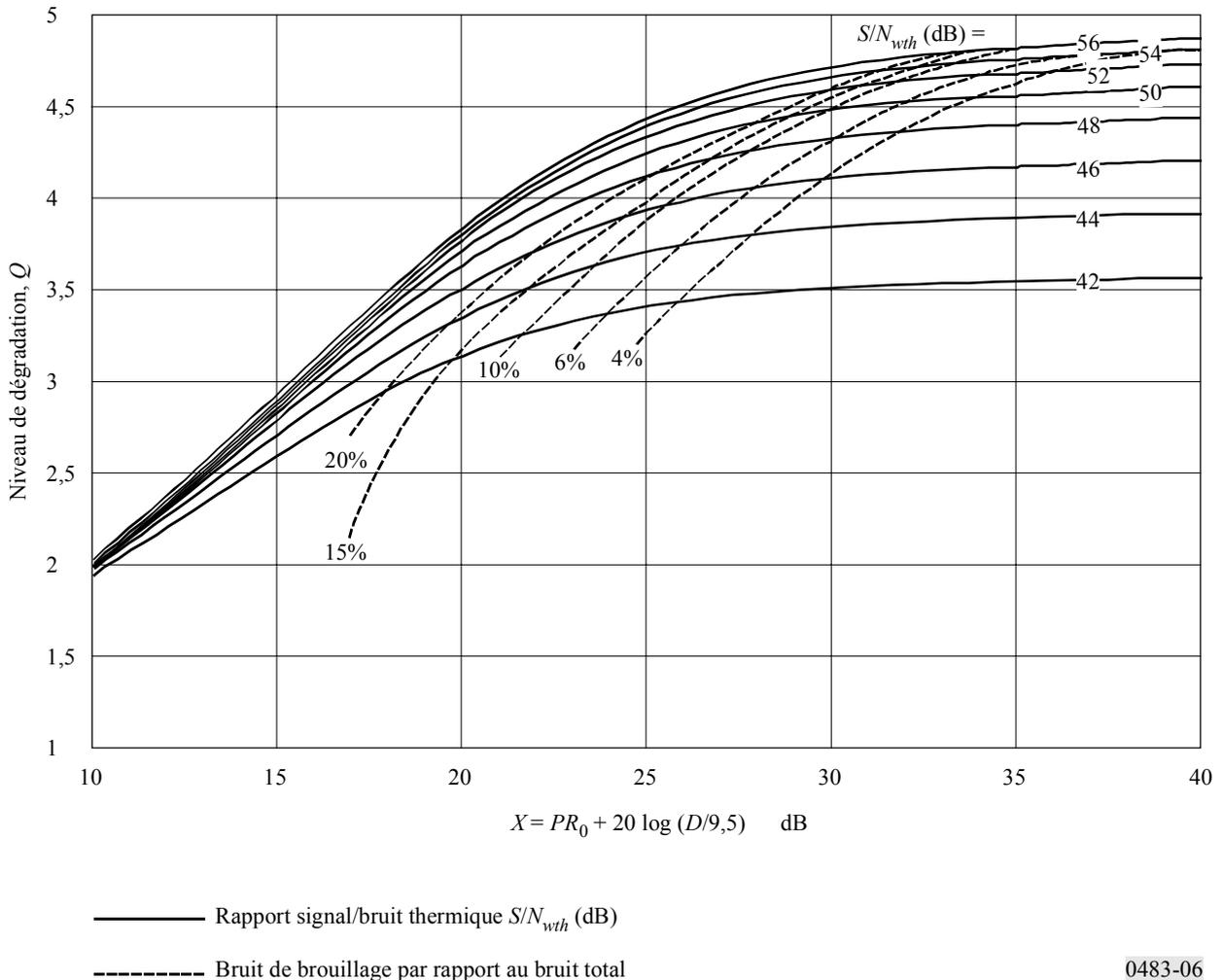


TABLEAU 1

**Rapports de protection PR_0 fondés sur le pourcentage de bruit total
et sur les niveaux de dégradation**

Excursion de fréquence C/N (dB)		$\Delta = 12$ MHz			$\Delta = 16$ MHz			$\Delta = 18,8$ MHz			$\Delta = 25$ MHz		
		10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%
12	PR_0 (dB)	22	20,2	19	22	20,2	19	22	20,2	19	22	20,2	19
	S/N_{th} (dB)	44			46,5			48			50,4		
	Dégradation, Q	3,7	3,6	3,5	4,1	4,1	4	4,3	4,3	4,2	4,4	4,4	4,3
18	PR_0 (dB)	28	26,2	25	28	26,2	25	28	26,2	25	28	26,2	25
	S/N_{th} (dB)	50			52,5			54			56,4		
	Dégradation, Q	4,5	4,4	4,4	4,65	4,6	4,6	4,75	4,7	4,7	4,9	4,9	4,9

10 Transmission individuelle directe (DTH) de TV-MF

L'utilisation d'antennes de très petites dimensions dans les stations terriennes individuelles rend ce type de transmission extrêmement vulnérable au brouillage par satellite adjacent. Des études récentes ont montré que le niveau de dégradation de ce type de transmission pouvait être supérieur à celui d'autres types de transmissions TV. On a constaté que la qualité d'image de niveau 4 (bonne) sur une échelle de cinq notes était adéquate. Cela permet de déterminer les rapports de protection requis pour obtenir cette qualité d'image. Sur la base de la Fig. 4, on a trouvé les rapports de protection requis pour obtenir le niveau 4 avec différents systèmes TV-MF. Ces rapports sont reproduits dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Rapport de protection PR_0 requis pour obtenir la qualité 4 ($C/N = 12$ dB)

Excursion de fréquence crête-à-crête (MHz)	16	18	18,8	21,5	25
D'après la Fig. 4 (NTSC)	21,5	18,5	17	15,5	14
D'après les valeurs mesurées sur des signaux PAL (Fig. 10)	21,5-23,5	–	–	–	14-16

11 Comparaison des masques construits avec les données métrologiques disponibles

Les masques construits ont été comparés aux données mesurées disponibles pour les transmissions de TV-MF (PAL) et (D2-MAC) de haute qualité. Cette comparaison a donné un bon coefficient de corrélation.

Les Fig. 7, 8 et 9 présentent les données mesurées et les masques de rapport de protection pour des transmissions DTH au niveau de qualité 4.

FIGURE 7
Rapport de protection requis

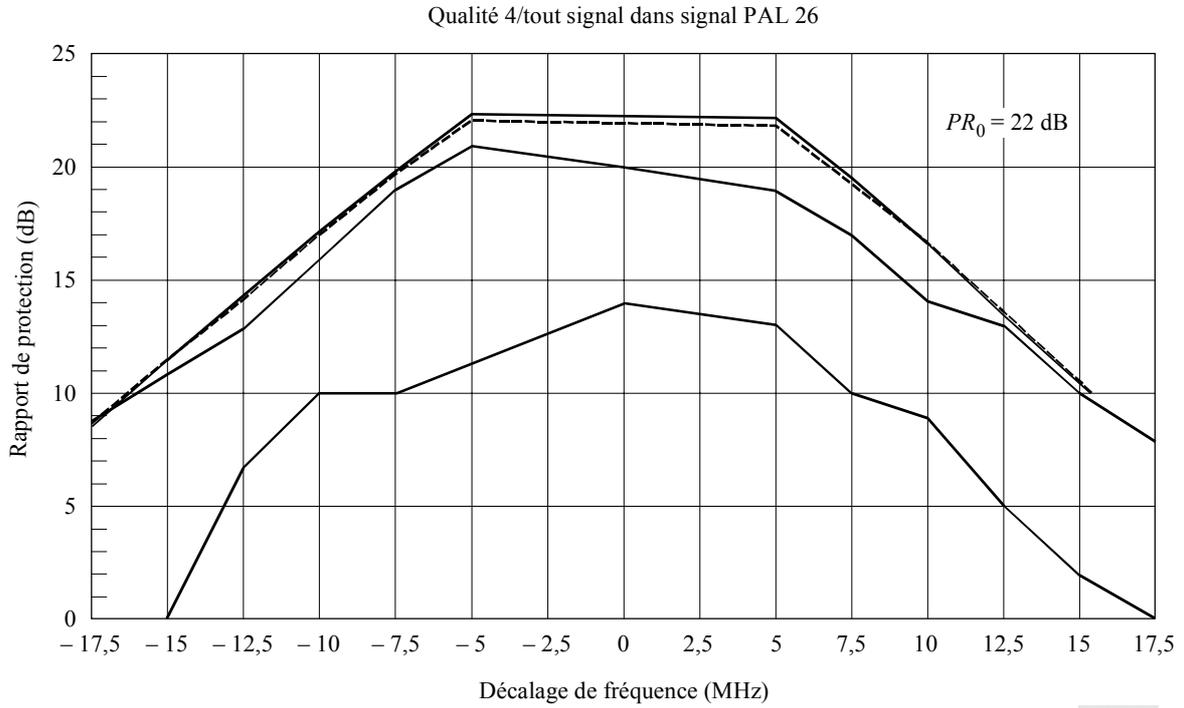


FIGURE 8
Rapport de protection requis

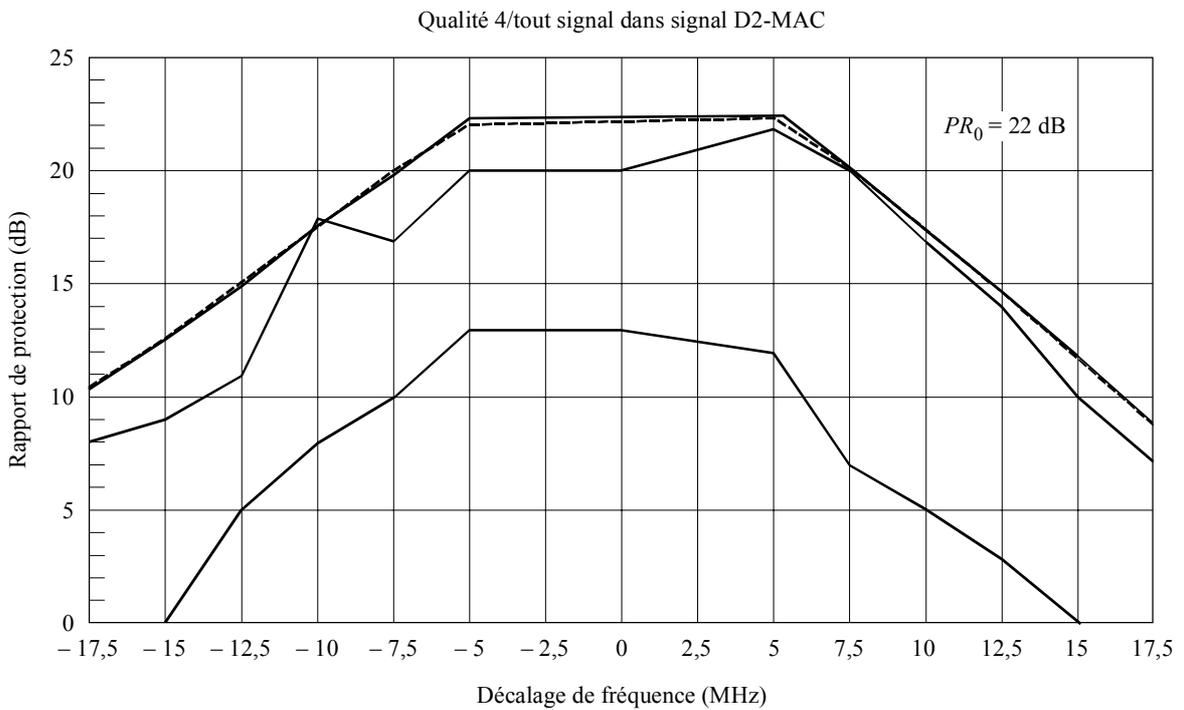


Image utile: fixe
Image brouilleuse: fixe ou barres de couleur

FIGURE 9
Rapport de protection requis

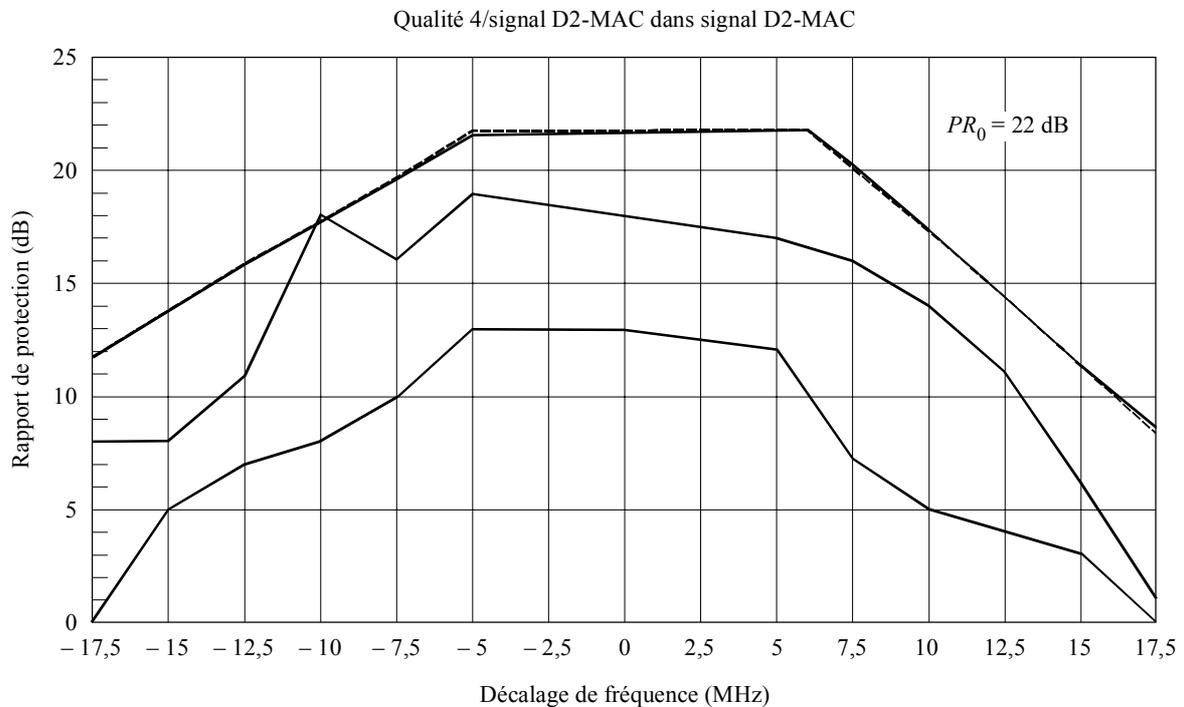


Image utile: fixe
Image brouilleuse: fixe ou barres de couleur

0483-09

12 Possibilité d'utilisation des résultats d'autres mesures

Les Fig. 10 et 11 montrent les résultats finals d'une série supplémentaire de mesures relevées sur des signaux DTH en format PAL. Ces Figures résument les rapports de protection nécessaires pour des décalages de fréquence du signal utile de 25 MHz/V et de 16 MHz/V dans les cas respectifs d'un signal utile et d'un signal brouilleur dans un même canal de TV-MF (PAL) Chacune de ces Figures montre les limites inférieures et supérieures de la protection qui doit être offerte par chaque rapport C/N , correspondant respectivement au matériel d'images normales (diapositives) et au matériel d'images critiques (mires d'essai).

FIGURE 10
 Rapport de protection requis pour une excursion de fréquence de 25 MHz/V en MF

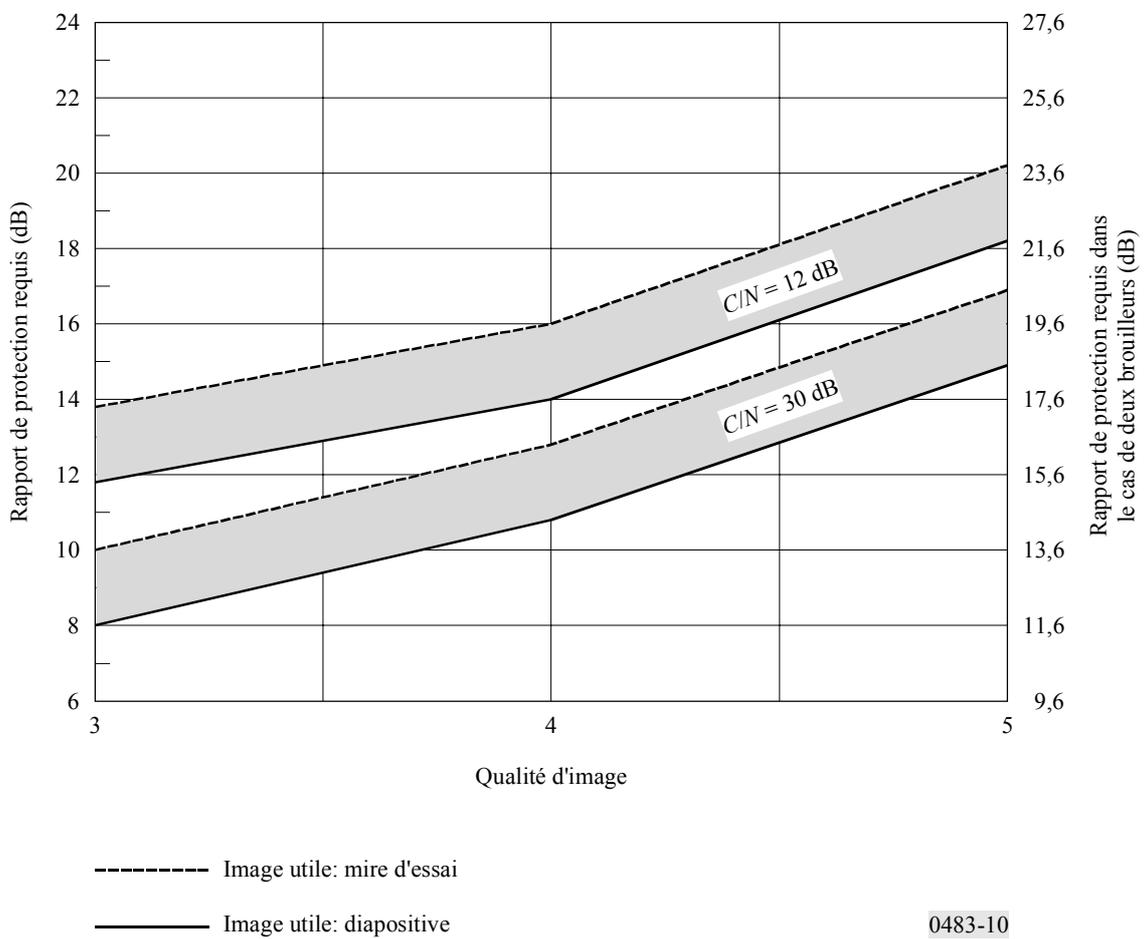
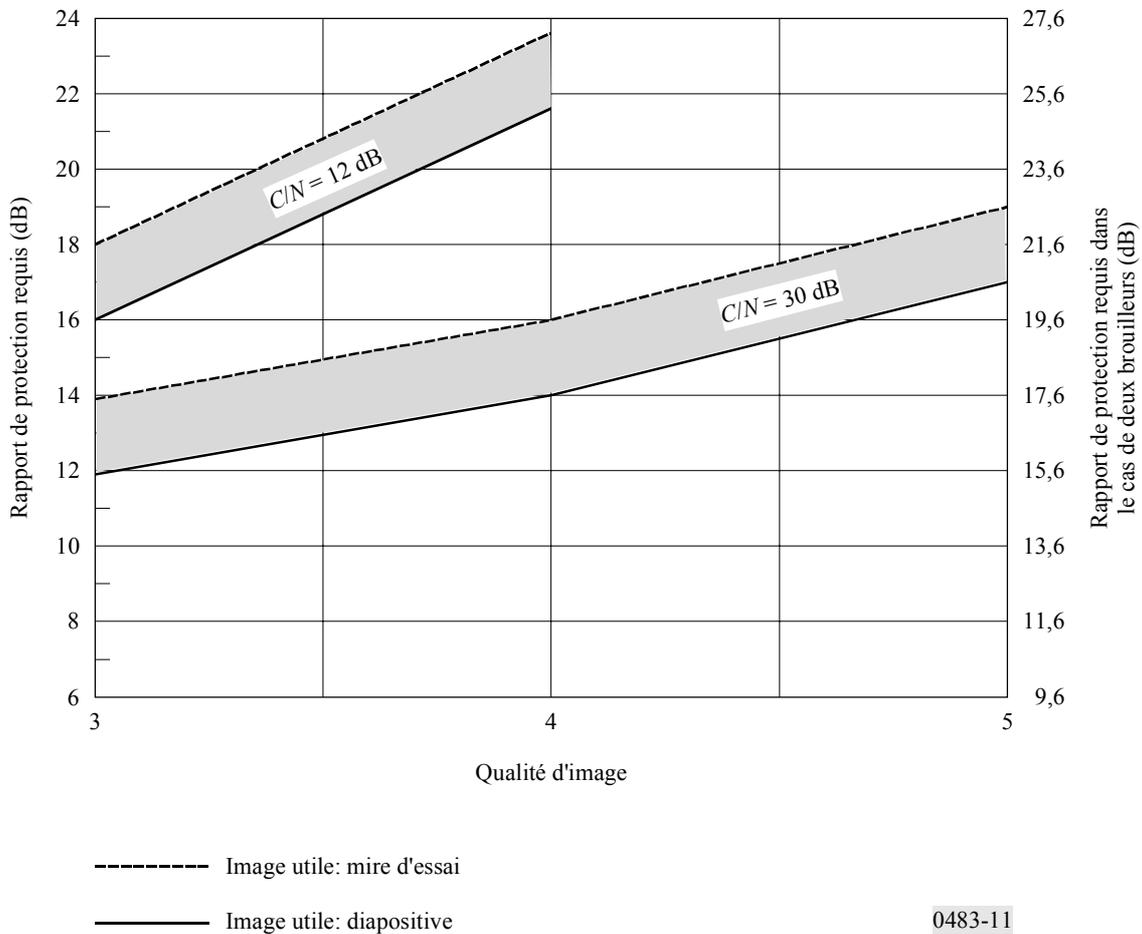


FIGURE 11

Rapport de protection requis pour une excursion de fréquence de 16 MHz/V en MF



13 Conclusions

La comparaison des masques de protection calculés et des résultats obtenus par les mesures montre une très bonne corrélation. Il apparaît que les masques principalement mis au point sur la base de données métrologiques relevées sur des systèmes TV en norme NTSC s'adaptent également aux résultats des systèmes PAL. Les mesures en PAL montrent en général que les rapports de protection requis pour la qualité de niveau 4 sont d'environ 1 dB supérieurs à la valeur prédite par les masques construits. Les masques construits pour des transmissions de niveau très élevé (hors DTH) montrent de bonnes corrélations, aussi bien avec le PAL qu'avec le NTSC.

Sur la base de ce qui précède, il apparaît que les masques calculés avec un rapport PR_0 fondé sur les pourcentages conviennent pour des applications générales autres que la transmission DTH. Les critères de 15% de brouillage global et de 6% de brouillage par source unique sont recommandés.

Pour la transmission DTH, on recommande les rapports de protection globaux du Tableau 2 et les masques de la Fig. 5. Les rapports de protection contre les brouillages par source unique devraient être de 4 dB supérieurs à leurs équivalents globaux.