

RECOMMANDATION UIT-R S.671-3

**RAPPORTS DE PROTECTION NÉCESSAIRES POUR DES TRANSMISSIONS
À UNE SEULE VOIE PAR PORTEUSE (SCPC) À BANDE ÉTROITE BROUILLÉES
PAR DES PORTEUSES DE TÉLÉVISION ANALOGIQUES**

(Question UIT-R 50/4)

(1990-1992-1993-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les porteuses SCPC à bande étroite sont sensibles au brouillage causé par des porteuses de télévision analogiques, surtout lorsque ces porteuses de télévision ne sont modulées que par des signaux de dispersion d'énergie à la fréquence de trame de la télévision;
- b) que le brouillage des transmissions SCPC par des signaux de télévision en modulation de fréquence est généralement un facteur déterminant dans la coordination de satellites très rapprochés les uns des autres;
- c) que les méthodes de calcul nécessaires pour déterminer le niveau admissible de brouillage en pareil cas sont propres à cette catégorie de signaux;
- d) que le caractère unique de cette situation est reconnu dans l'Appendice 4 du Règlement des radiocommunications,

recommande

1. pour le calcul des niveaux admissibles de brouillage entre des porteuses analogiques de télévision et des porteuses SCPC à bande étroite, le rapport de protection des porteuses SCPC brouillées par des porteuses de télévision analogiques modulées seulement par un signal de dispersion d'énergie à la fréquence de trame de la télévision doit être calculé de la manière suivante:

1.1 pour les porteuses SCPC à 64 kbit/s, sans correction d'erreur directe (CED):

$$C/I = C/N + 6,4 + 3 \log \delta - 8 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

1.2 pour les porteuses SCPC à modulation de fréquence et compression-extension:

$$C/I = 13,5 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

où:

- C/I*: rapport entre la puissance de la porteuse SCPC brouillée et la puissance totale de la porteuse du signal de télévision avec dispersion d'énergie causant le brouillage
- C/N*: rapport entre la puissance nominale de la porteuse SCPC et la puissance de bruit correspondant à un TEB de 1×10^{-6}
- δ : rapport entre la largeur de bande occupée par la porteuse SCPC et l'excursion crête-à-crête du signal de télévision due à la dispersion d'énergie
- i*: niveau global nominal de puissance des signaux brouilleurs avant démodulation dans la bande SCPC, c'est-à-dire la somme du brouillage dû à la porteuse de télévision et du bruit provoqué par d'autres porteuses brouilleuses (se reporter à l'Annexe 1) exprimée en pourcentage du total de la puissance de bruit avant démodulation ($10 \leq i \leq 25$);

2. que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation.

Note 1 – Les critères de brouillage indiqués aux § 1.1 et 1.2 ne sont applicables qu'à des signaux de télévision brouilleurs utilisant seulement un signal de dispersion d'énergie au débit de trame.

Note 2 – Les formules indiquées aux § 1.1 et 1.2 sont exactes dans l'hypothèse où le brouillage déterminé par le niveau relatif de puissance *i* est produit par une porteuse de télévision de puissance *I* et par un brouillage assimilable à du bruit de puissance, I_N , avec un rapport $I_N/I = 2,5$ et une densité spectrale de brouillage assimilable à du bruit égale à -62 dBc/Hz.

Note 3 – Pour assurer la protection de porteuses SCPC à 64 kbit/s avec correction d'erreur directe (CED) à un taux compris entre 1/2 et 7/8 et utilisant un décodeur de Viterbi à décision pondérée, on peut utiliser la formule suivante:

$$C/I = C/N + 9,4 + 3,5 \log \delta - 6 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

Ce critère de brouillage est valable pour des signaux brouilleurs TV-MF modulés seulement par un signal de dispersion.

Note 4 – Un complément significatif de protection des porteuses SCPC à bande étroite peut être obtenu au moyen d'un décalage en fréquence approprié par rapport à la fréquence centrale de la porteuse du signal de télévision. Cette solution est envisageable, à des degrés variables, que la porteuse TV soit modulée par un programme réel ou non, auquel cas l'effet de la densité spectrale de puissance des porteuses TV/MF sera pris en compte lorsqu'il s'agira de déterminer le brouillage produit aux fréquences extérieures à la bande de dispersion d'énergie.

Note 5 – Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer le niveau de protection additionnelle pouvant être obtenu lorsque la porteuse TV est modulée par un programme réel ou non.

Note 6 – L'Annexe 1 à la présente Recommandation donne les méthodes de calcul qui permettent d'obtenir les rapports de protection donnés au § 1 et les résultats de mesure en appui des § 1 et 2.

Note 7 – Un complément d'étude est nécessaire pour élaborer de nouveaux critères de brouillage pour les porteuses brouilleuses TV-MF utilisant un signal de dispersion d'énergie à la fréquence ligne ou un signal composite de dispersion d'énergie à la fréquence ligne et à la fréquence de trame.

ANNEXE 1

Calcul du rapport de protection pour des brouillages TV-MF causés à des transmissions SCPC dans des réseaux du service fixe par satellite

1. Brouillage dans des transmissions SCPC-MDP-4 MIC à 8 éléments binaires non codés

L'un des modes de transmission le plus utilisé est le mode SCPC-MDP-4 MIC à 8 éléments binaires à 64 kbit/s et la définition d'un critère de brouillage se fonde sur les considérations suivantes.

La surveillance des transmissions télévisuelles dans le système INTELSAT indique que les porteuses de télévision sont modulées, la plupart du temps, par des signaux vidéo ou des mires. Ce n'est que pendant de très courtes périodes que les porteuses de télévision sont modulées uniquement par des signaux de dispersion de l'énergie. Ces périodes représentent environ 0,6% de la durée totale de transmission et leur durée moyenne est de 5 min environ. La plus longue période continue enregistrée a duré environ 18 min. Il est donc peu probable que deux brouilleurs de ce type ou davantage soient présents simultanément.

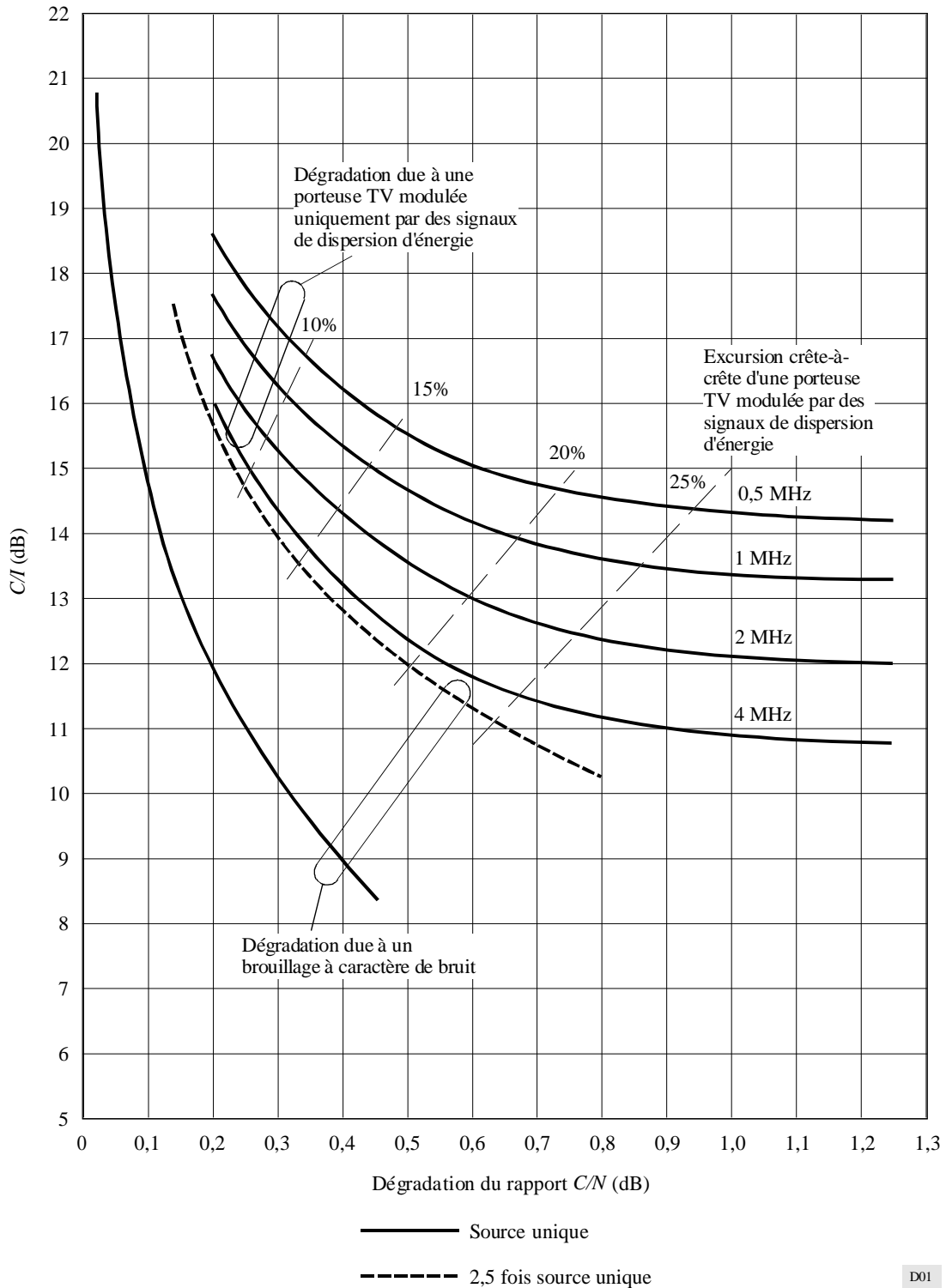
Il faudra procéder à un complément de mesures pour examiner la validité de ces résultats statistiques dans d'autres systèmes à satellites.

Pour établir un critère de protection des transmissions SCPC-MDP-4 (64 kbit/s) non codées, on admet qu'une porteuse unique de télévision modulée par des signaux de dispersion de l'énergie uniquement est présente en permanence (cette porteuse simule les apparitions successives de signaux brouilleurs provenant de satellites différents). On suppose que ce type de brouillage coexiste avec des brouilleurs assimilables à du bruit. Par conséquent, le bruit total de brouillage de prédémodulation toléré par la Recommandation UIT-R S.523 devrait être divisé entre deux types de brouillage dissemblables.

On a élaboré un modèle pour déterminer la répartition du brouillage total admis entre les deux types de signaux brouilleurs. Dans le modèle, on part de l'hypothèse qu'un brouillage provient de la porteuse TV modulée par des signaux de dispersion de l'énergie et que l'autre brouillage à caractère de bruit est égal à 2 fois 1/2 le brouillage dû à une source unique. Le brouillage dû à une source unique à caractère de bruit est présumé venir d'une porteuse modulée, dont la densité spectrale au voisinage de la fréquence de la porteuse est -62 dBc/Hz. Cette valeur est adéquate pour représenter une porteuse MF à haute densité ou une porteuse TV modulée.

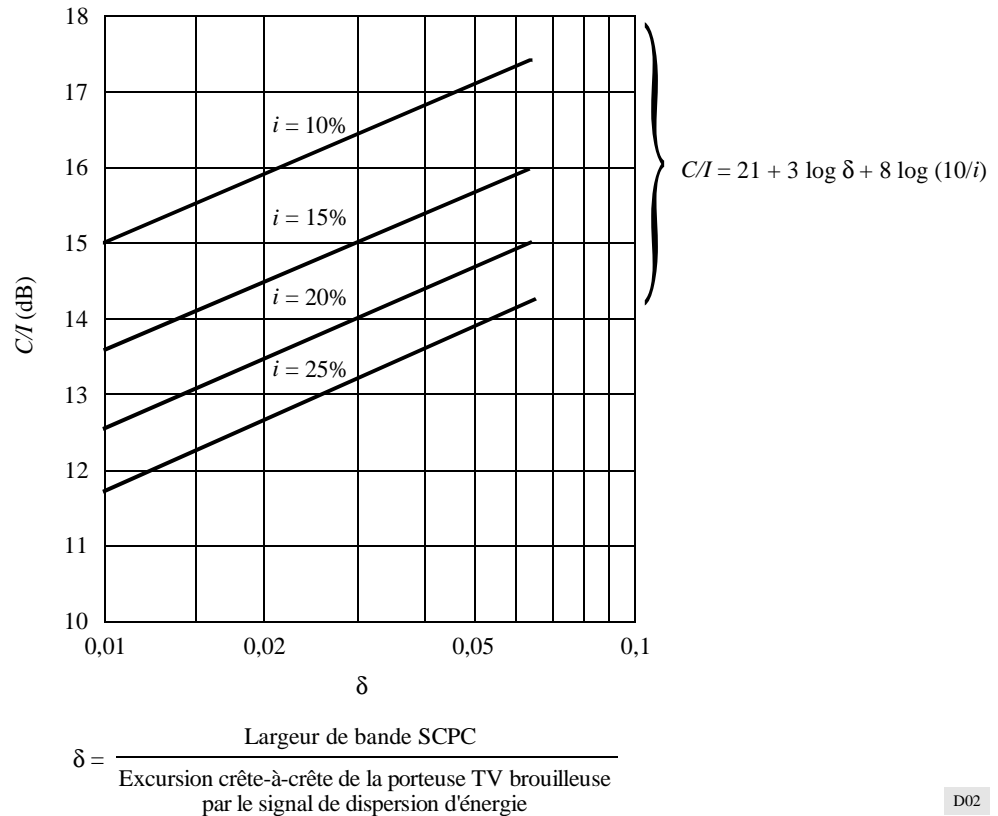
On a effectué en laboratoire les mesures suivantes. La transmission SCPC a été testée pour différentes valeurs du rapport porteuse/bruit supérieures à 14,6 dB, $E_b/N_0 = 12,3$ dB, ce qui correspond à un TEB de 1×10^{-6} . Puis, le signal TV brouilleur modulé par dispersion d'énergie a été ajouté et on a consigné la valeur de la puissance porteuse utile/porteuse brouilleuse permettant d'obtenir à nouveau un TEB de 1×10^{-6} . On trouvera les résultats à la Fig. 1, pour les différentes excursions crête-à-crête des signaux de dispersion de l'énergie. Cette même figure illustre la relation entre le brouillage assimilable à du bruit et le C/I (aussi bien pour le brouillage dû à une source unique que pour le brouillage total assimilable à du bruit) et la dégradation.

FIGURE 1
 C/I en fonction de la dégradation de C/N



A l'aide de la Fig. 1, en rapportant la dégradation totale due au brouillage TV (modulé uniquement par des signaux de dispersion de l'énergie) et le brouillage assimilable à du bruit aux critères définis dans la Recommandation UIT-R S.523, on a déterminé les rapports de protection pour les transmissions non codées SCPC-MDP-4 (64 kbit/s), comme illustré à la Fig. 2.

FIGURE 2
Critères de protection



D02

On peut obtenir ces résultats par approximation grâce à la formule suivante:

$$C/I = 21 + 3 \log \delta + 8 \log (10/i) \quad \text{dB} \quad (1)$$

ou

$$C/I = C/N + 6,4 + 3 \log \delta - 8 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

où:

- C/I : rapport entre la puissance de la porteuse SCPC et la puissance totale de la porteuse du signal de télévision avec dispersion d'énergie causant le brouillage
- C/N : rapport entre la puissance nominale de la porteuse SCPC et la puissance de bruit correspondant à un TEB de 1×10^{-6}
- δ : rapport entre la largeur de bande occupée par la porteuse SCPC et l'excursion crête-à-crête du signal de télévision due à la dispersion d'énergie
- i : niveau global nominal de puissance des signaux brouilleurs avant démodulation dans la bande SCPC, c'est-à-dire la somme du brouillage dû à la porteuse de télévision et du bruit provoqué par d'autres porteuses brouilleuses (se reporter à l'Annexe 1) exprimée en pourcentage du total de la puissance de bruit avant démodulation ($10 \leq i \leq 25$).

2. Brouillage dans des transmissions SCPC-MDP-4 MIC à 8 éléments binaires avec codage CED

Des mesures ont été effectuées sur deux systèmes à 64 kbit/s SCPC-MDP-4 avec codage CED au taux 1/2, c'est-à-dire des porteuses SMS d'EUTELSAT et IBS (INTELSAT Business Service). Les paramètres des signaux sont énumérés dans le Tableau 1 et sont conformes à la spécification de ces systèmes.

TABLEAU 1
Paramètres de transmission MDP-4 avec codage

Paramètre de transmission	INTELSAT, EUTELSAT
Débit de l'information (IR) (kbit/s)	64
Bits de service (OH)	16/15
Débit composite (CR) (kbit/s)	68,27
Taux de code CED (C)	1/2
Débit de transmission (TR) (kbit/s) (CR/C)	136,5
Largeur de bande de Nyquist (0,5 TR)	68 k
Rapport composite $E_b/N_0^{(1)}$ (dB) pour un TEB de 1×10^{-6}	5,4
$C/N^{(1)}$ (dB) pour un TEB de 1×10^{-6}	5,4

⁽¹⁾ Les valeurs de E_b/N_0 et C/N correspondent aux performances effectives du démodulateur pour les équipements servant aux mesures.

Les mesures ont abouti à des courbes de C/I en fonction de la dégradation pour des valeurs de TEB de 1×10^{-6} .

Le critère de protection a été établi sur des mesures fondées sur deux modèles de brouillage différents. Un modèle est identique à celui décrit au § 1 pour les transmissions MDP-4 non codées. Le modèle divise le brouillage total admis entre deux types de signaux brouilleurs: une porteuse TV modulée par des signaux de dispersion d'énergie uniquement et d'autres porteuses modulées par des signaux assimilables à du bruit. Dans le modèle, on détermine la répartition du brouillage total admis à partir des divers effets de brouillage des deux types de signaux brouilleurs. On utilise la densité spectrale de -62 dBc/Hz pour calculer le brouillage assimilable à du bruit.

L'autre modèle est fondé sur un scénario de brouillage dans lequel le brouillage total est équivalent à 20% du bruit de prédémulation divisé de manière égale entre le brouillage assimilable à du bruit et une seule porteuse TV modulée par des signaux de dispersion d'énergie. La porteuse à dispersion d'énergie est donc censée représenter 10% du bruit total de prédémulation, d'où une augmentation du bruit thermique équivalent de 0,5 dB (désigné par l'expression «dégradation du rapport C/N »).

Les essais comprenaient la mesure de l'accroissement du TEB moyen causé par l'introduction du brouilleur pour une valeur constante donnée du rapport C/N (rapport des puissances de porteuse/bruit thermique), fixé pour donner un TEB de 1×10^{-6} en l'absence de brouillage (5,4 dB pour des porteuses à 64 kbit/s). L'accroissement mesuré du TEB moyen a été converti en accroissement du bruit thermique équivalent en utilisant la courbe de taux d'erreur en fonction du bruit du modem.

Les mesures mettent donc en évidence la relation entre le rapport C/I (rapport de la puissance de la porteuse SCPC à la puissance totale de la porteuse du signal brouilleur de télévision) et la «dégradation du rapport C/N » dans la voie SCPC causée par la présence du brouillage de TV comme source unique (modulation par signaux de dispersion d'énergie uniquement).

Les résultats obtenus à l'aide des deux modèles susmentionnés concordent et permettent d'établir le critère de brouillage suivant dû à une source unique, pouvant être utilisé pour la coordination entre les systèmes:

$$C/I = C/N + 9,4 + 3,5 \log \delta - 6 \log (i/10) \quad \text{dB} \quad (2)$$

où:

C/N : rapport porteuse/bruit correspondant à un TEB de 1×10^{-6}

i : puissance de brouillage totale admise dans la largeur de bande de la porteuse exprimée sous forme de pourcentage de la puissance totale du bruit avant démodulation ($10 \leq i \leq 25$, tel qu'il est défini dans la Recommandation UIT-R S.523).

3. Brouillage causé à des émissions MF en mode SCPC utilisant un compresseur-extenseur syllabique (MFC)

En se fondant sur l'hypothèse utilisée dans le § 1, on a établi des critères de protection pour les émissions SCPC-MFC selon les deux éléments suivants:

- le nombre de pointes de bruit impulsif au-dessus d'un seuil de -21 dBm0, et
- une évaluation subjective.

Le modem utilisé a été conçu pour fonctionner avec le système INTELSAT conformément aux spécifications d'INTELSAT pour son service VISTA. La densité porteuse/bruit, C/N_0 , au point normal de fonctionnement est de 54,2 dB(Hz), ce qui correspond à un rapport C/N de 10,2 dB. Pour ce modem, la valeur seuil du rapport C/N_0 est de 50,2 dB(Hz) environ. La largeur de bande nominale de bruit à FI est de 25 kHz, l'excursion étant fixée de telle façon que pour une tonalité d'essai de 0 dBm0 à 1 kHz, l'excursion efficace correspondante soit de 5,1 kHz. La fréquence de transition de préaccentuation est de 1 kHz. La compression-extension est syllabique 2:1 conformément à la Recommandation UIT-T G.162, avec un niveau inchangé de 0 dBm0.

En ce qui concerne la mesure du nombre de pointes de bruit impulsif, on a utilisé une valeur seuil de -21 dBm0 conformément à la Recommandation UIT-T M.1020. Le dispositif d'essai servant au comptage du nombre de pointes de bruit impulsif utilisait du côté émetteur une tonalité de 1 kHz qui a été supprimée par un filtre à élimination de bande du côté réception. Le niveau de cette tonalité était de -10 dBm0. Avec ce niveau de tonalité et une compression-extension, on a mesuré les dégradations du rapport C/N par rapport au rapport C/I dans le cas de 6 impulsions par intervalle de 15 min.

Ces résultats font l'objet de la Fig. 3, qui donne le rapport C/I par rapport à la dégradation du rapport C/N pour les quatre valeurs des excursions crête-à-crête avec dispersion d'énergie. La courbe du brouillage assimilable à du bruit obtenue est représentée sur la Fig. 4 où le critère de protection est calculé ainsi:

$$C/I = 13,5 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10) \quad \text{dB} \quad (3)$$

où δ et i sont tels que définis plus haut.

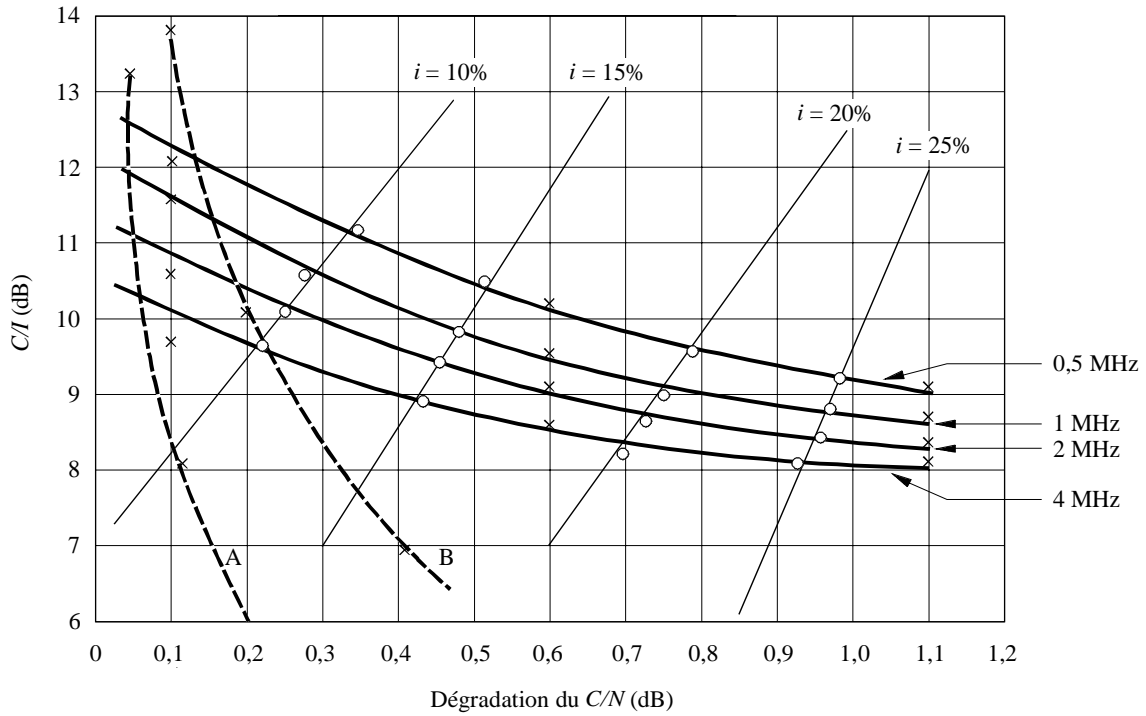
De la même façon, on a évalué subjectivement la dégradation de la voie SCPC-MFC selon un critère fondé sur l'apparition d'un «clic» audible par minute. On observe que le brouillage caractéristique causé par le signal de dispersion d'énergie au point de fonctionnement nominal de 54,2 dB(Hz) ou proche de ce point se manifeste sous la forme de bruit impulsif ou «clic». Ces résultats sont indiqués sur la Fig. 5. Il en résulte les critères suivants:

$$C/I = 13 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10) \quad \text{dB} \quad (4)$$

qu'indique la Fig. 6 et qui sont légèrement inférieurs à ceux résultant du comptage des pointes de bruit impulsif. Si l'on compare les formules (3) et (4), on peut conclure qu'il convient d'utiliser le critère de la formule (3) comme critère unique pour les porteuses SCPC-MFC à la fois pour le comptage des pointes de bruit impulsif et pour les dégradations subjectives; ce critère est représenté graphiquement sur la Fig. 4.

FIGURE 3

Rapport C/I par rapport à la dégradation du rapport C/N pour un modem SCPC-MFC fondé sur le nombre de pointes de bruit impulsif (on a utilisé un critère de comptage du bruit impulsif constant de 6 pointes dépassant un seuil de -21 dBm0 pendant un intervalle de 15 min)

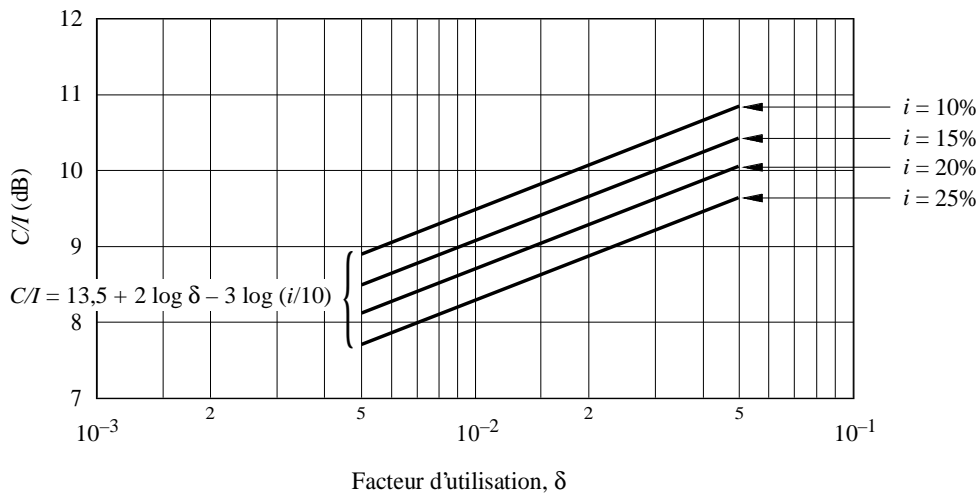


A: C/I_{sn1} (rapport porteuse/brouillage assimilable à du bruit dû à une source unique)
 B: C/I_{n1} (rapport porteuse/brouillage assimilable à du bruit)

D03

FIGURE 4

Rapport C/I en fonction du facteur d'utilisation fondé sur le comptage du bruit impulsif pour un modem SCPC-MFC

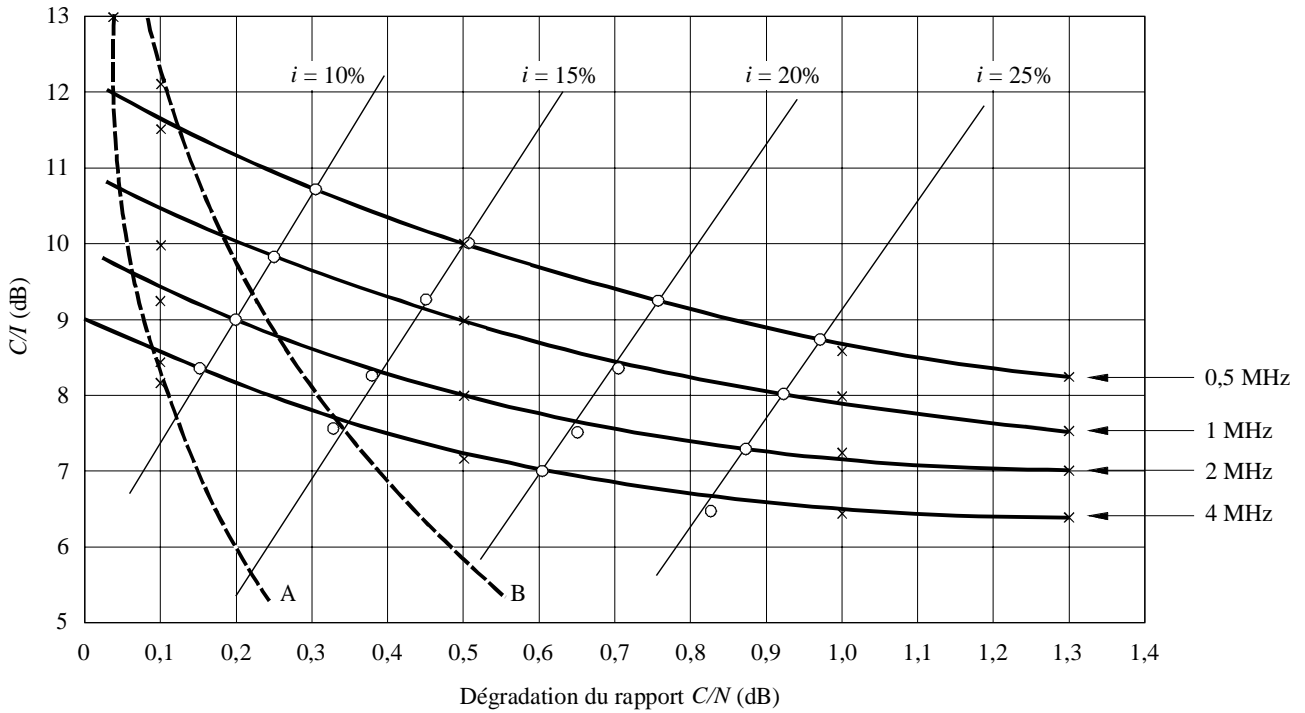


$$\delta = \frac{\text{Largeur de bande SCPC}}{\text{Excursion crête-à-crête par le signal de dispersion d'énergie de la porteuse TV brouilleuse}}$$

D04

FIGURE 5

Rapport C/I par rapport à une dégradation du rapport C/N pour un modem SCPC-MFC fondé sur une évaluation subjective (1 «clac»/min)

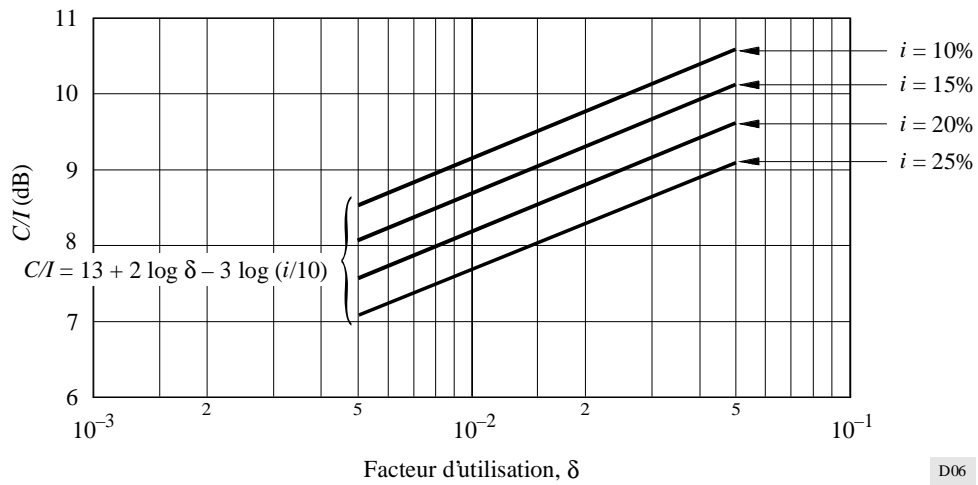


A: C/I_{sn1} (rapport porteuse/brouillage assimilable à du bruit dû à une source unique)
 B: C/I_{n1} (rapport porteuse/brouillage assimilable à du bruit)

D05

FIGURE 6

Rapport C/I en fonction du facteur d'utilisation d'après une évaluation subjective d'un modem SCPC-MFC (1 «clac»/min)



D06