563

RAPPORT 634-4*

SERVICE DE RADIODIFFUSION SONORE ET DE TÉLÉVISION PAR SATELLITE

Mesures des rapports de protection contre le brouillage pour la planification des systèmes de radiodiffusion de télévision

(Question 1/10 et 11, Programmes d'études 1C/10 et 11, 1D/10 et 11 et 2C/10 et 11)

(1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introduction

Pour établir les plans des systèmes de télévision, il est indispensable de connaître les rapports de protection contre le brouillage (rapport de la puissance du signal utile à la puissance du signal brouilleur, à l'entrée du récepteur) en fonction de la qualité de l'image, évaluée subjectivement. C'est ainsi que, depuis longtemps, ceux qui étudient des systèmes de radiodiffusion de Terre ont besoin des rapports de protection contre le brouillage entre deux signaux à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle (MA-BLR). A l'heure actuelle, avec les nombreuses attributions de bandes de fréquences au service de radiodiffusion par satellite, la question des rapports de protection qu'exigent les différentes méthodes de modulation adoptées a acquis une grande importance. Par ailleurs, avec l'imminence de l'introduction des techniques de transmission numériques, dont les signaux jouent à la fois le rôle de signaux brouilleurs et de signaux utiles, il est indispensable de connaître les rapports de protection de ces signaux entre eux et entre ces signaux et les signaux analogiques.

Le présent Rapport est un exposé succinct des résultats des essais de détermination du rapport de protection faits par plusieurs administrations dans les cas où le signal utile et le signal brouilleur sont tous deux modulés par des signaux de télévision en couleur ou d'autres émissions telles que voies son multiples (voir la Note). En considérant ces résultats, on gardera présent à l'esprit que, en général, les différentes combinaisons de signaux peuvent se présenter dans plusieurs bandes de fréquences. Aussi bien les résultats sur les rapports de protection contre le brouillage entre les signaux MF et MA-BLR sont importants pour le partage des fréquences, non seulement dans la bande 620 à 790 MHz, mais encore dans les bandes 2500 à 2690 MHz et 11,7 à 12,5 GHz.

Note. – On trouvera dans le Rapport 449 des données sur les rapports de protection contre le brouillage entre un signal de télévision à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle ou à modulation de fréquences et les signaux utilisés dans les services fixe et mobile.

2. Mesure des rapports de protection

2.1 Mesures subjectives en télévision

Les mesures subjectives des rapports de protection en télévision doivent être effectuées conformément aux dispositions de la Recommandation 600.

2.2 Mesures objectives pour les émissions sonores

Dans tous les cas de radiodiffusion sonore, il est plus commode d'effectuer la mesure du rapport de protection en utilisant une méthode objective. Celle-ci consiste à effectuer la mesure du bruit après démodulation afin que le rapport signal/bruit dans le canal radiophonique ne dépasse pas une valeur donnée. Le Tableau I donne une liste de facteurs qui ont une influence sur le rapport de protection des signaux radiophoniques, ainsi qu'une proposition de «cas de référence» destinée à établir un ensemble commun de conditions d'essai pour les mesures effectuées par différentes administrations.

^{*} Ce Rapport doit être porté à l'attention de la CEI. (WG 8, SC 12A).

TABLEAU I – Facteurs affectant les rapports de protection mesurés objectivement pour les signaux radiophoniques et ensemble de conditions du cas de référence pour ces facteurs

Facteur	Conditions du	Conditions du cas de référence	
Récepteurs Caractéristiques du signal utile Caractéristiques du signal brouilleur Décalage de fréquence porteuse	Note 1 Note 2 Note 3 Note 4		
	Son de haute qualité	Son associé au signal de télévision	
Rapport signal/bruit pondéré (Note 6) La valeur proposée du cas de référence peut être obtenue à partir de deux éléments qui sont:	≥ 47 dB	≥42 dB	
le rapport signal/bruit thermique pondéré	≥ 50 dB	≥ 45 dB	
le rapport signal/bruit pondéré dû au brouillage (Note 7)	≥ 50 dB	≥ 45 dB	
Autres brouillages et sources de dégradation du son	No	ote 5	

- Note 1. Les récepteurs utilisés dans les essais doivent représenter un équipement assez sensible au type de dégradation étudié. Il faut tenir compte des récepteurs domestiques ainsi que du type de récepteurs susceptibles d'être utilisés dans les stations de réémetteurs. On mesure les caractéristiques des filtres radioélectriques et des filtres FI, afin de faciliter l'interprétation des résultats obtenus en présence de l'écart de fréquence entre les signaux utile et brouilleur. Autant que possible, les caractéristiques des filtres doivent être adaptées aux normes applicables au signal utile. Les fréquences de sortie de la bande de base doivent être limitées au minimum spécifié dans le cas de la norme de télévision utilisée pour le signal utile. Des filtres ayant des largeurs de bande excessives, conduisent à observer un bruit et des brouillages qui ne se produiraient pas avec des récepteurs convenablement réglés.
- Note 2. Dans le cas où le signal utile est un système à son multiple, plusieurs systèmes peuvent être envisagés, qui nécessitent la même largeur de bande ou une largeur de bande inférieure à celle d'une voie de télévision. On trouvera un exemple de ce système dans l'Annexe I, § 4.
- Note 3. Dans la plupart des cas, le signal brouilleur a les mêmes caractéristiques que le signal utile. Cependant, il convient aussi de déterminer le rapport de protection entre deux systèmes dissemblables. En pareil cas, le signal brouilleur peut avoir des caractéristiques différentes de celles du signal utile et peut appartenir à un autre type d'émission, telle que voies son multiples.
- Note 4. Pour mesurer le rapport de protection dans le même canal, il n'y a pas de décalage des fréquences porteuses. On définit le décalage des fréquences porteuses par la différence entre les fréquences porteuses non modulées du signal brouilleur et du signal utile ($f_{\text{brouil.}} f_{\text{ut.}}$), étant entendu que le même type de modulateur est utilisé dans les deux cas. Cependant, si le brouillage est sensible à des décalages particuliers des fréquences, ceux-ci doivent être identifiés par le programme d'essai. Pour les rapports de protection entre voies adjacentes, il convient d'effectuer une série de mesure pour les fréquences du signal brouilleur situées dans une plage d'environ \pm 30 MHz par rapport à celle du signal utile.
- Note 5. Il ne faut pas tenir compte d'autres sources de brouillage (sauf le bruit thermique comme il est indiqué plus haut), lorsqu'on évalue le rapport de protection.
- Note 6. Les valeurs indiquées représentent la différence entre le niveau maximal du signal et le bruit mesuré conformément aux indications données dans la Recommandation 468 (valeur quasi-crète et nouveau réseau de pondération).
- Note 7. La méthode objective de mesure des rapports de protection dans les voies son figure dans le Rapport 796.

3. Rapports de protection pour un signal utile de télévision

Le présent paragraphe étudie les rapports de protection nécessaires pour les signaux de télévision. Le rapport de protection dépend des caractéristiques de modulation des signaux utiles et brouilleurs. Certaines valeurs du rapport de protection pour les signaux de télévision ont déjà été utilisées aux fins de la planification par la CAMR-RS-77. Ces valeurs, qui sont fondées sur des mesures effectuées à cette période, sont indiquées au § 3.1.1. Des valeurs du rapport de protection fondées sur des mesures récentes ont été utilisées aux fins de la planification par la CARR SAT-83. Ces valeurs sont indiquées également au § 3.1.1.

Le reste du § 3.1 décrit des mesures portant sur le rapport de protection à adopter pour les signaux de télévision brouillés par d'autres signaux de télévision utilisant les modulations analogique et numérique. Le § 3.2 décrit des mesures portant sur le rapport de protection contre le brouillage causé à un signal de télévision par d'autres types de signaux.

Le § 3.3 étudie les effets de plusieurs écarts par rapport aux conditions d'essai correspondant au cas de référence établi dans la Recommandation 600.

Les mesures du rapport de protection nécessaire qui sont décrites dans le présent Rapport ont été effectuées dans des conditions d'essai très variables, conformes à différents critères subjectifs. Il est souhaitable d'effectuer d'autres études conformément aux dispositions de la Recommandation 600 et ce, pour toutes les combinaisons de méthodes de modulation des signaux utiles et brouilleurs que l'on peut rencontrer dans la pratique. Cela permettra de convenir de certaines valeurs à adopter aux fins de la planification future. L'Annexe II contient des suggestions relatives à certains essais supplémentaires.

- 3.1 Brouillage causé par un signal de télévision
 - 3.1.1 Gabarits de rapport de protection utilisés pour la planification

La Fig. 1a et le Tableau II donnent le gabarit de rapport de protection utilisé pour la planification à la CAMR-RS-77, qui est basé sur des mesures effectuées jusqu'à cette conférence.

Des mesures faites au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique ont porté sur plusieurs aspects du brouillage entre signaux de télévision à modulation de fréquence de système M/NTSC. En particulier:

- une relation entre le niveau de dégradation des images et le brouillage unique dans le même canal a été établie:
- l'effet subjectif du brouillage par les canaux adjacents a été analysé;
- l'effet composite du brouillage dans le même canal et du brouillage par les canaux adjacents a été évalué.

D'après les résultats de ces mesures, le gabarit du rapport de protection de la Fig. 1b a été obtenu pour la Région 2 avec un rapport de protection de 28 dB dans le même canal.

On trouvera des renseignements détaillés sur les conditions d'essai et les résultats des mesures au § 3.1 de l'Annexe I et dans [CCIR, 1982-86a, b].

3.1.2 Brouillage entre deux signaux de télévision à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle

Dans ce cas, qui revêt une grande importance, les valeurs du rapport de protection figurent dans le Rapport 306.

3.1.3 Brouillage causé à un signal de télévision en modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle par un signal de télévision à modulation de fréquence

Les données qui figurent en Annexe I pour ce cas sont récapitulées dans le Tableau III qui donne les valeurs du rapport de protection dans le même canal (PR_0) pour un brouillage tout juste perceptible.

Des renseignements plus détaillés concernant différents systèmes sont donnés dans l'Annexe I, § 1.1.

3.1.4 Brouillage causé à un signal de télévision à modulation de fréquence par un signal de télévision à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle

Dans ce cas, les mesures ont été effectuées pour un signal utile conforme aux systèmes M/NTSC à 525 lignes et K/SECAM à 625 lignes. Pour le système M, les valeurs du rapport de protection dans le même canal allant d'environ 28 à 32 dB sont indiquées pour le cas de référence. Les rapports de protection entre canaux adjacents sont indiqués dans l'Annexe I (§ 2), pour une excursion de 18 MHz/V. Il s'agit de résultats préliminaires, mais ces résultats peuvent servir de guide jusqu'à ce que des mesures plus complètes soient effectuées.

Pour le système K/SECAM, on trouvera de plus amples détails dans le § 5 de l'Annexe I.

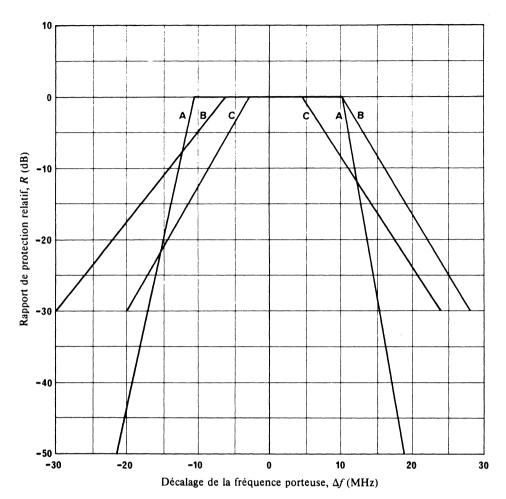


FIGURE 1a – Rapport de protection dans les conditions de référence en fonction du décalage de fréquence

 Δf : $(f_{brouilleuse} - f_{utile})$

Courbes A: pour un signal utile télévision/bande latérale résiduelle et un signal brouilleur télévision/modulation de fréquence, valeur pour le même canal: 50 dB

B: pour un signal utile télévision/modulation de fréquence et un signal brouilleur télévision/modulation de fréquence, valeur pour le même canal: 30 dB (Régions 1 et 3).

C: pour un signal utile télévision/modulation de fréquence et un signal brouilleur télévision/bande latérale résiduelle, valeur pour le même canal: 30 dB

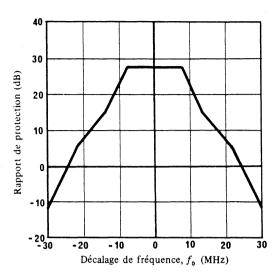


FIGURE 1b - Gabarit du rapport de protection (télévision MF) Région 2

Rapport de protection (excursion de fréquence crête-à-crête, D_{ν} = 12 MHz):

TABLEAU II

		Rappor		
Signal utile	Signal brouilleur	Dans le même canal (dB)	Dans des canaux adjacents	Région
Modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle	Modulation de fréquence	50	Fig. 1a, courbe A	1, 2, 3
Modulation de fréquence	Modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle	30	Fig. 1a, courbe C	1, 2, 3
Modulation de fréquence	Modulation de fréquence	30	Fig. 1a, courbe B	1, 3
Modulation de fréquence	Modulation de fréquence	28	Fig. 1b	2

TABLEAU III

Signal utile	Excursion $D_y(^1)$ du signal brouilleur (MHz)	<i>PR</i> ₀ (dB)
Systèmes I/PAL, G/PAL à 625 lignes	12	54
Système K/SECAM à 625 lignes	22	46
Systèmes M/NTSC à 525 lignes et L/SECAM à 625 lignes	12	50

⁽¹⁾ D_{ν} = excursion de fréquence nominale crête-à-crête.

3.1.5 Brouillage entre deux signaux de télévision à modulation de fréquence

Lorsque les types de modulation du signal utile et du signal brouilleur sont les mêmes et qu'il n'y a pas de décalage des porteuses, la valeur, PR_0 , du rapport de protection mesuré dans les conditions du cas de référence spécifiées dans la Recommandation 600 peut être représentée par les formules suivantes:

- pour tous les systèmes, à l'exception du M/NTSC à 525 lignes

$$PR_0 = C - 20 \log (D_v/12) - Q + 1.1 Q^2$$
 (1a)

dans laquelle:

 D_{v} : excursion de fréquence nominale crête-à-crête (MHz);

Q: note de dégradation concernant uniquement l'effet du brouillage, mesuré selon l'échelle à 5 notes recommandée dans la Recommandation 500 [CCIR, 1970-74a];

C: constante dépendant du système de télévision et dont la valeur est de:

12,5 pour les systèmes I/PAL, G/PAL et L/SECAM à 625 lignes,

18,5 pour le système K/SECAM à 625 lignes.

Pour les valeurs élevées de Q (4 à 4,5), on a constaté que les valeurs mesurées des rapports de protection mentionnées dans le § 3 de l'Annexe I concordaient, à 1 dB près, avec les valeurs obtenues au moyen de la formule (1a), après ajustement pour tenir compte des écarts par rapport au «cas de référence». Les valeurs du rapport de protection du Rapport 449 concordent également à 1 dB près avec les valeurs découlant de la formule (1a). Les données limitées dont on dispose pour les faibles valeurs de Q (voir le § 3.1 de l'Annexe I) accusent une différence d'environ 4 dB par rapport aux valeurs de la formule (1a). La formule (1a) est utile pour la réalisation de systèmes qui exigent généralement des valeurs élevées de Q. Pour adapter la formule (1a) à des valeurs peu élevées de Q, de nouvelles études sont nécessaires.

pour la norme M/NTSC à 525 lignes

$$PR_0 = 16.9 - 8.7 \log I_u - 20 \log (D_v/12)$$
 (1b)

où:

$$I_u = \frac{5 - Q}{Q - 1}$$
 pour 1 < Q < 5 (voir le Rapport 405)

La formule (1b) est fondée sur les données obtenues à partir de mesures effectuées au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique en utilisant le système M/NTSC à 525 lignes [Bouchard et autres, 1984; CCIR, 1982-86c]. Il s'est avéré que cette formule fournissait une approximation assez satisfaisante des résultats dans toute la gamme des valeurs de Q.

On trouvera des renseignements détaillés sur les brouillages entre deux signaux de télévision à modulation de fréquence dans l'Annexe I, § 3 et dans le doc. [CCIR, 1974-78a].

3.1.6 Brouillage d'un signal de télévision modulé en fréquence par des signaux de télévision modulés en fréquence multiples

Des mesures ont été faites récemment au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique avec le système M/NTSC à 525 lignes pour étudier comment les brouillages multiples dans le même canal se combinent entre eux. Les résultats d'essais subjectifs montrent que la combinaison de ces brouillages équivaut pratiquement à une addition des puissances.

Des mesures supplémentaires faites aux Etats-Unis d'Amérique ont montré que les brouillages multiples par les canaux adjacents, se combinent entre eux pour produire des effets de 2 à 6 dB plus marqués qu'avec l'addition des puissances.

L'effet combiné des brouillages dans le même canal et des brouillages par les canaux adjacents est une addition des puissances des effets de brouillage individuels sur toute la gamme des valeurs du rapport C/I. Quand la valeur de ce rapport est élevée, les effets subjectifs sont dominés par le brouillage dans le même canal, alors que le canal adjacent est dominant pour un rapport C/I faible.

On trouvera des renseignements détaillés sur le brouillage causé à un signal de télévision MF par des signaux de télévision MF multiples aux § 3.1.6.4, 3.1.7.2, 3.1.7.4 et 3.1.7.5 de l'Annexe I et dans [CCIR, 1982-86a, b].

3.1.7 Brouillages entre signaux de télévision MF avec modulation numérique et multiplexage temporel pour le son et les données (systèmes à 625 lignes)

Des mesures subjectives (pour l'image) et objectives (pour le son) ont été effectuées par l'UER, [CCIR, 1982-86d] en vue de démontrer la compatibilité du système C-MAC/paquets (voir les Rapports 1073 et 632) avec les dispositions de la CAMR-RS-77.

Les résultats sont exprimés, pour l'image dans le Tableau IV, en termes de dégradation relative due à l'addition du signal brouilleur sur l'échelle de dégradation à 5 notes et, pour le son dans le Tableau V, en termes de taux d'erreur binaire.

TABLEAU IV – Notes subjectives de l'image sur l'échelle de dégradation à 5 notes en présence de brouillage

(Moyenne et écart type (ET))

(Brouillage à -31 dB dans le même canal et à -15 dB pour les canaux adjacents)

	ion relative image	Même canal	Canal adjacent supérieur	Canal adjacent inférieur	Pas de brouillage
Brouillage d'u C-MAC/paqu signal C-MAC	ets sur un				
C/N élevé	moyenne	4,8	4,9	4,6	4,9
(25 dB)	ET	0,40	0,35	0,60	0,31
C/N faible (10 dB)	moyenne	4,8	4,7	4,7	4,8
	ET	0,49	0,46	0,52	0,39
Brouillage d'u C-MAC/paqu signal de référ CAMR-RS-77	ets sur un ence				
C/N élevé	moyenne	4,9	4,9	4,9	4,9
(25 dB)	ET	0,35	0,23	0,31	0,31
C/N faible	moyenne	4,2	4,5	3,9	4,7
(10 dB)	ET	0,71	0,66	0,78	0,52

TABLEAU V – Taux d'erreur binaire mesuré dans une voie audio numérique pour un faible rapport C/N (7 dB)

	Brouilleur	Même canal	Canaux	adjacents	Pas de
Utile		-31 dB	supérieur - 15 dB	inférieur 15 dB	brouillage (1)
C-MAC	C-MAC	2.7×10^{-3}	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	2.3×10^{-3}

⁽¹⁾ Sans utilisation de simulateur de satellite dans le canal utile.

Si l'on se reporte au fait que les niveaux les plus défavorables de brouillage prévus par la CAMR-RS-77 pour le même canal (-31 dB) et pour les canaux adjacents (-15 dB) correspondent à une note de dégradation de 4,5 (avec un rapport C/N élevé), on peut conclure de ces résultats que le système C-MAC est compatible avec le Plan pour les liaisons descendantes des Régions 1 et 3.

Des mesures ont été effectuées en France [CCIR, 1982-86e], pour étudier la compatibilité du système D2-MAC/paquets (voir les Rapports 1073 et 632) avec les dispositions des Actes finals de la CAMR-RS-77. Ces mesures ont porté sur le système D2-MAC/paquets et un système correspondant à la référence utilisée pour la CAMR-RS-77 (système PAL/SECAM avec une sous-porteuse son MF).

Les résultats sont donnés dans le Tableau VI pour l'image en termes de rapport C/I correspondant au seuil de visibilité du brouillage.

TABLEAU VI - Rapports de protection entre systèmes D2-MAC/paquets et PAL/SECAM (CAMR-RS-77)

		C/I corre	espondant au seuil de	e visibilité
Signal utile	Signal brouilleur	Même canal (dB)	Canal adjacent inférieur (dB)	Canal adjacent supérieur (dB)
D2-MAC/ paquets	D2-MAC/ paquets	20	11	12
PAL/SECAM (CAMR-RS-77)	D2-MAC/ paquets	27	12	13

Les résultats correspondent aux cas les plus critiques aussi bien en ce qui concerne le signal utile que le signal brouilleur.

Vis-à-vis de la composante numérique du signal D2-MAC/paquets, la dégradation équivalente exprimée en termes de rapport C/N reste toujours inférieure à 0,5 dB pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-3} , ceci lorsque les rapports C/I sont respectivement égaux à 15 et 31 dB pour le canal adjacent et le même canal.

Ces mesures démontrent que le système D2-MAC/paquets satisfait les critères de rapports de protection adoptés par la CAMR-RS-77.

Des mesures ont été faites au Royaume-Uni [Priestman et O'Neill, 1987] pour étudier la compatibilité du système D-MAC/paquet utilisant la modulation de fréquence (voir le Rapport 1073) avec les dispositions des Actes finals de la CAMR RS-77.

Les signaux utiles étaient à la norme PAL (c'est-à-dire le système de référence défini par la CAMR RS-77) et à la norme D-MAC/paquet avec modulation de fréquence.

Au cours des essais, le signal brouilleur a été transmis par un équipement simulant les voies par satellite et constitué d'un émetteur à klystron de forte puissance, et d'un répéteur simulé de satellite doté d'un tube à ondes progressives de faible puissance.

Les résultats de ces mesures, qui figurent dans le Tableau VII, portent sur les rapports de protection évalués de manière subjective pour le signal utile du canal image et s'appliquent aux combinaisons d'images les plus critiques.

On peut constater que dans tous les cas il y a une marge positive par rapport aux rapports de protection adoptés par la CAMR RS-77 (c'est-à-dire 31 dB pour le brouillage dans le même canal et 15 dB pour le brouillage par un canal adjacent).

Par rapport à la composante numérique du signal D-MAC/paquet, la dégradation équivalente exprimée en rapport porteuse/bruit reste toujours au-dessous de 0,5 dB pour un taux d'erreur binaire de 10⁻³, avec des rapports de protection contre les brouillages dans le même canal et dans le canal adjacent respectivement de 15 et de 31 dB.

Ces mesures montrent que le système D-MAC/paquet satisfait les critères de rapports de protection adoptés par la CAMR RS-77.

TABLEAU VII

Rapports de protection pour le système D-MAC/paquet utilisant la modulation de fréquence

Rapport de protection nécessaire pour obtenir un brouillage juste perceptible de l'image du canal utile (dB)

Signal utile (1)	Signal brouilleur (1)	Même canal	Canal adjacent inférieur	Canal adjacent supérieur
D-MAC/paquet	Données continues D-MAC/ paquet	17	3	1
D-MAC/paquet	C-MAC/paquet	27	10	6
Système PAL (CAMR RS-77) (2)	Données continues D-MAC/ paquet	22	7	6
Système PAL	C-MAC/paquet	29	11	8

- (1) Les images du canal utile et du canal brouilleur ont été synchronisées avec un décalage d'une demi-ligne.
- (2) Excursion de fréquence 13,5 MHz/V.

De plus, l'UER a procédé à des essais subjectifs concernant la perceptibilité des brouillages lors de la mise en œuvre des opérations d'embrouillage et de désembrouillage sur des signaux diffusés par satellite dans le système C-MAC/paquets décrit dans le Rapport 1073.

Ces essais, conduits selon les principes des Recommandations 500 et 600, montrent que les rapports de protection peuvent être un peu moins stricts pour un signal C-MAC/paquets embrouillé que pour le même signal non embrouillé*.

Le Tableau VIII indique la réduction moyenne du rapport de protection entraînée par l'embrouillage.

^{*} On prévoit que des résultats analogues seraient obtenus pour les systèmes D-MAC/paquet et D2-MAC/paquet.

TABLEAU VIII

	Réduction moyenne du rapport de protection (dB)
Canal adjacent inférieur (-19,18 MHz)	2,6
Canal adjacent supérieur (+19,18 MHz)	1,8
Même canal	2,0
	<u>· </u>

On peut déduire du Tableau VIII que l'embrouillage réduit les brouillages par les canaux adjacents et dans le même canal, ce qui reste vrai pour n'importe quel système d'embrouillage et aussi quand le rapport C/N est mauvais.

Ces essais subjectifs indiquent que les rapports de protection pour le signal C-MAC/paquets embrouillé respectent parfaitement les conditions imposées par la CAMR-RS-77.

Des essais complémentaires avec des signaux C-MAC effectués grâce à un simulateur complet de voie de radiodiffusion par satellite (comprenant une liaison de connexion et une liaison descendante représentatives), font apparaître une faible différence dans l'effet du brouillage causé à la liaison de connexion par rapport à celui qui a été obtenu avec la même valeur de brouillage sur la liaison descendante, avec un répéteur ayant une valeur faible de conversion MA/MP ($< 2^{\circ}/dB$) [Shelswell, 1984]. Des valeurs plus élevées de conversion MA/MP pourraient influer sur l'effet apparent du brouillage sur la liaison de connexion, essentiellement en ce sens que le rapport porteuse/bruit effectif de la liaison de connexion est réduit (voir le Rapport 952, § 3.3 et 4.5). Ce résultat devrait être valable pour n'importe quel système, mais des études complémentaires sont nécessaires.

3.1.8 Brouillage entre signaux de télévision MF utilisant la modulation numérique et le multiplexage temporel pour le son et les données (systèmes à 525 lignes)

Des mesures subjectives ont été effectuées au Canada [Chouinard et Barry, 1984] pour déterminer les caractéristiques de bruit et de brouillage de la partie vidéo du système B-MAC. Les essais de brouillage ont consisté à comparer la sensibilité des signaux vidéo codés MAC et NTSC vis-à-vis de signaux brouilleurs codés MAC ou NTSC.

Le signal vidéo NTSC, produisant une excursion de 12 MHz (crête-à-crête) de la porteuse MF, était accompagné de 3 sous-porteuses son produisant chacune une excursion de 2 MHz (crête-à-crête) de la porteuse principale. La préaccentuation utilisée était conforme à la Recommandation 405. Le signal MAC (voir le Rapport 1073 pour une description détaillée) produisait également une excursion de 12 MHz de la porteuse MF. La salve de données pendant l'intervalle de suppression de ligne était remplacée par une salve de synchronisation de 7 MHz à pleine amplitude. La préaccentuation utilisée était une version légèrement modifiée de celle qui est spécifiée dans le Rapport 1073 avec une fréquence de transition à 2,335 MHz. Le signal utile et le signal brouilleur avaient les mêmes caractéristiques de modulation.

Les essais ont été effectués avec une voie RF linéaire et la démodulation de fréquence était assurée à l'aide d'un récepteur limiteur-discriminateur classique. Le filtre de prédétection était un filtre à quatre pôles de type Tchebytchev, avec largeur de bande de bruit équivalente de 22,7 MHz et sans égalisation du temps de propagation de groupe. Les essais ont été effectués conformément à la Recommandation 500 avec des observateurs entraînés assis à une distance égale à 5 fois la hauteur d'image; ils étaient fondés sur le seuil de perceptibilité des dégradations de l'image.

3.1.8.1 Brouillage dans le même canal

Les résultats des essais de brouillage dans le même canal, avec moyenne établie sur 4 diapositives d'essai et 17 observateurs, sont indiqués dans le Tableau IX. Les résultats montrent que le rapport C/I (dB) se situe au niveau de dégradation à peine perceptible pour deux signaux brouilleurs: le signal d'essai multisalve (MB) et le signal d'essai à 75% de barres de couleur (CB). La moyenne pour ces deux signaux d'essai est également donnée. On a constaté que le signal MAC était un peu moins sensible au brouillage dans le même canal que le signal NTSC. Dans le cas de l'excursion plus large spécifiée dans le Rapport 1073 pour le signal B-MAC, il est probable que la protection nécessaire pour le signal B-MAC sera inférieure de 3 à 4 dB à celle du signal de référence NTSC. Dans le cas d'une situation de brouillage mixte, on a constaté que le brouillage n'était pas plus défavorable que dans le cas de brouillage de référence NTSC/NTSC. Avec l'excursion plus large spécifiée pour le signal B-MAC, il est probable que ces cas de brouillage mixte seront moins défavorables de 1 à 3 dB que le cas de référence. On peut donc conclure que l'utilisation du signal B-MAC est compatible avec les caractéristiques de brouillage dans le même canal spécifiées dans le Plan de la CARR SAT-83.

TABLEAU IX - Résultats des essais de brouillage dans le même canal (C/I en dB)

		Signal brouilleur		
		NTSC B-MAC		
Signal	NTSC	MB = 24,3 CB = 26,1 Moyenne = 25,2	MB = 24,4 CB = 26,2 Moyenne = 25,3	
utile	B-MAC	MB = 24,3 CB = 25,1 Moyenne = 24,4	MB = 23,6 CB = 25,1 Moyenne = 24,4	

MB: signal d'essai vidéo multisalve

CB: signal d'essai à 75% de barres de couleur

3.1.8.2 Brouillage par les canaux adjacents

Les résultats des essais subjectifs portant sur le brouillage par le canal adjacent supérieur et le canal adjacent inférieur, avec moyenne établie sur 4 diapositives d'essai et 17 observateurs, sont indiqués respectivement dans les Tableaux X et XI. Le niveau du rapport C/I (dB) pour la dégradation à peine perceptible est indiqué pour deux signaux brouilleurs différents: le signal d'essai multisalve (MB) et le signal d'essai à 75% de barres de couleur (CB). La moyenne des résultats obtenus pour les deux signaux brouilleurs est également indiquée. Les résultats montrent que le signal B-MAC produit un brouillage plus important que le signal NTSC aussi bien par le canal adjacent supérieur que par le canal adjacent inférieur. On constate que la protection d'un signal B-MAC contre un autre signal B-MAC est supérieure de 2 à 5 dB à la protection nécessaire dans le cas de brouillage de référence NTSC/NTSC, bien qu'elle soit inférieure à la valeur utilisée pour la planification du SRS à la CARR SAT-83 (13,6 dB). Il convient de noter cependant que le brouillage par les canaux adjacents est un problème purement national dans le cas du SRS nord-américain, puisque tous les canaux provenant du même emplacement orbital ont été assignés à la même administration dans le Plan.

On a également constaté que la salve de synchronisation n'était contraignante que dans un très petit nombre de cas. La salve de données dans le système B-MAC étant spécifiée à une amplitude plus faible, il est peu probable que la salve de données se révèle contraignante dans les situations de brouillage.

TABLEAU X - Résultats des essais de brouillage par le canal adjacent supérieur (C/I en dB)

	·	Signal b	rouilleur
		NTSC	B-MAC
Signal	NTSC	MB = 4,3 CB = 4,4 Moyenne = 4,3	MB = 7,4 CB = 7,2 Moyenne = 7,3
utile	B-MAC	MB = 4,2 CB = 2,4 Moyenne = 4,3	MB = 6,1 CB = 6,8 Moyenne = 6,5

MB: signal d'essai vidéo multisalve

CB: signal d'essai à 75% de barres de couleur

TABLEAU XI - Résultats des essais de brouillage par le canal adjacent inférieur (C/I en dB)

		Signal b	prouilleur
		NTSC	B-MAC
Signal	NTSC	MB = 5,5 CB = 2,9 Moyenne = 4,2	MB = 7,2 CB = 5,1 Moyenne = 6,2
utile	B-MAC	MB = 5,7 CB = 3,9 Moyenne = 4,8	MB = 9,1

MB: signal d'essai vidéo multisalve

CB: signal d'essai à 75% de barres de couleur

3.1.9 Brouillage entre signaux de télévision MF ayant des sous-porteuses numériques pour le son et les données (systèmes à 525 lignes)

On a effectué des essais d'évaluation subjective au Japon [CCIR, 1982-86f] en utilisant le système M/NTSC à 525 lignes avec une excursion de fréquence crête-à-crête de 17 MHz due aux signaux d'image qui sont accompagnés d'une sous-porteuse son à modulation numérique. La distance d'observation était égale à 4 fois la hauteur de l'image. Des barres de couleur étaient utilisées pour le signal utile ainsi que pour le signal brouilleur.

Parmi les paramètres de modulation, le débit binaire, l'excursion crête-à-crête de la porteuse principale sous l'effet de la sous-porteuse à modulation numérique et la fréquence de la sous-porteuse sont respectivement 2,048 Mbit/s, 6,5 MHz et 5,727272 MHz. Les résultats indiquent ce qui suit:

- les valeurs moyennes des niveaux de brouillage tout juste perceptibles pour la dégradation de l'image sont respectivement de 29,8 et 9,4 dB pour le brouillage dans le même canal et pour le brouillage par le canal adjacent (espacement des canaux: 19,18 MHz);
- en ce qui concerne le son, il n'y a pas de dégradation de qualité du son même lorsque la dégradation de qualité de l'image est tout juste perceptible.

Ces essais ont donc démontré que le système de modulation susmentionné, tel qu'il est spécifié, satisfait aux conditions requises pour les rapports de protection adoptés par la CAMR-RS-77.

3.1.10 Brouillage entre deux signaux à modulation de fréquence dissemblables

La BBC et la TDF ont procédé à des mesures du brouillage entre les systèmes PAL et SECAM à 625 lignes; le Japon a effectué des mesures du brouillage entre le système M/NTSC à 525 lignes et différents systèmes à 625 lignes. La conclusion générale qui se dégage des résultats obtenus est la suivante: le rapport de protection mesuré pour deux systèmes de télévision dissemblables ne diffère pas sensiblement du rapport de protection mesuré lorsque les brouillages se produisent au sein du plus exigeant des systèmes.

3.1.11 Brouillages provoqués par des signaux numériques (télévision et données) sur un signal de télévision en modulation de fréquence

Des mesures du rapport de protection pour le système M/NTSC ont été effectuées avec, comme signal brouilleur, un signal de télévision numérique MDP-4 à 43 Mbit/s. Les résultats montrent qu'un système de télévision à modulation de fréquence avec un rapport signal/bruit apparent (signal/brouillage) compris entre 45 et 35 dB demande des rapports de protection dans le même canal correspondant respectivement à 24 et 14 dB.

Les détails de ces mesures sont donnés au § 4.1.3 de l'Annexe I.

Le gabarit du rapport de protection qui a servi à évaluer le brouillage entre signaux de télévision MF ne s'applique pas directement entre signaux télévisuels MF et signaux numériques (voir la Fig. 1b). Cependant, à condition que le rapport débit binaire/largeur de bande (R_{bi}/B) soit de l'ordre de 1,7 ou moins (en utilisant la modulation MDP-4 décalée), le brouillage obtenu pour un décalage de fréquence donné est comparable aux valeurs correspondantes du brouillage entre signaux de télévision MF. En veillant à ce que le rapport R_{bi}/B soit inférieur à 1,7 environ, on réduit au minimum les effets d'étalement du spectre sur le second canal adjacent.

Il s'ensuit qu'un signal numérique en MDP-4 à 40 Mbit/s (avec réduction de puissance de 4 dB à l'entrée de l'amplificateur à tube à ondes progressives) pourrait être transmis sur un canal de 24 MHz avec seulement une dégradation nominale du canal deuxième adjacent, même s'il est copolaire; on trouvera de plus amples détails dans le Document [RPC SAT-R2, 1982]. Le brouillage entre signaux TV-MF et signaux numériques télévisuels ne constitue pas un facteur déterminant dans la planification des systèmes.

Des mesures des rapports de protection pour le système D/PAL brouillé par une porteuse pure et un signal MDP et MDA aux débits de 2,048 Mbit/s et 8,448 Mbit/s ont été effectuées. Les détails de ces mesures sont donnés dans l'Annexe I, au § 4.1.3.

Un certain nombre d'expériences ont été faites pour déterminer les valeurs requises pour le rapport C/I dans le cas du brouillage causé par des signaux MDP-4 à des signaux de télévision MF et inversement [CCIR, 1982-86g]. On a utilisé un débit binaire de 24,6 Mbit/s pour les signaux MDP-4 et la norme NTSC à 525 lignes avec sous-porteuses son numériques pour les signaux de télévision MF (voir le Rapport 1073). Les Tableaux XIIaet XIIb donnent les valeurs du rapport C/I obtenu pour une dégradation juste perceptible.

3.1.12 Brouillage causé à des signaux de télévision à codage numérique

Pour les signaux de télévision M/NTSC à codage numérique, on a mesuré les rapports de protection contre des signaux brouilleurs de télévision MF analogiques. Les résultats sont indiqués au Tableau XII où E_b/N_0 est le rapport d'énergie par bit/densité spectrale de puissance de bruit.

TABLEAU XIIa – Rapport C/I correspondant à une dégradation juste perceptible dans le cas du brouillage causé par des signaux de télévision MF à des signaux MDP-4

	Rapport C/I juste perceptible pour l'image (¹)		Rapport <i>C/I</i> pour lequel l'influence sur le TEB devient
	Barre de couleur	Femme	négligeable, pour le son (2)
Dans le même canal (dB)	29,1	25,0	24,0-28,0
Canal adjacent supérieur (dB)	11,1	7,2	10,0-14,0

- (1) Avec un rapport C/N de 26 dB, une distance d'observation de 4 H, un récepteur de contrôle couleur de 20 pouces (50,8 cm) et 10 experts.
- (2) Avec un rapport C/N de 8 à 12 dB.

TABLEAU XIIb – Rapport C/I correspondant à une dégradation juste perceptible dans le cas du brouillage causé par des signaux MDP-4 à des signaux de télévision MF

	Rapport C/I pour lequel l'influence sur le TEB devient négligeable (1)
Dans le même canal (dB)	28,0
Canal adjacent supérieur et inférieur (dB)	8,0

⁽¹⁾ Avec un rapport C/N de 7 à 11 dB.

$E_h \angle N_0$ (dB)	Rapport de protection pour un TEB de 1 × 10 ⁻⁸ (dB)	<i>E_b ∕ N</i> ₀ (dB)	Rapport de protection pour un TEB de 1 × 10 ⁻⁶ (dB)
15,1	24,2	13,6	22 .
18,1	14,5	16,6	13

TABLEAU XIII – Rapports de protection maximaux contre le brouillage causé à un signal de télévision numérique par des signaux de télévision à modulation de fréquence

Pour les mêmes signaux de télévision M/NTSC à codage numérique, on a mesuré les rapports de protection vis-à-vis d'autres signaux brouilleurs à codage numérique (y compris des signaux de télévision numérique et des signaux de données pseudo-aléatoires) [CCIR, 1982-86h]. Pour un rapport (E_b/N_0) de 14,7 dB, le rapport de protection dans le même canal avec un TEB de 2×10^{-8} était d'environ 22 dB pour un brouillage causé par des signaux de télévision numérique ou des signaux de données pseudo-aléatoires de même débit binaire. Ces mesures ont également montré que la largeur de bande relative (liée aux débits binaires) entre les signaux utile et brouilleur a un effet significatif sur le rapport C/I admissible dans le même canal et pour le canal adjacent. Des signaux brouilleurs dont la largeur de bande est inférieure à celle du signal utile nécessitent une plus grande que celle du signal utile. De plus, la décroissance du rapport de protection en fonction du décalage de fréquence est plus rapide lorsque le débit binaire du signal brouilleur est inférieur à celui du signal utile (c'est-à-dire que ce dernier occupe une largeur de bande relative plus faible).

Les détails de ces mesures sont donnés au § 4.2 de l'Annexe I.

3.1.13 Brouillage entre systèmes de télévision numérique

Lorsque la modulation numérique sert à acheminer des signaux son ou image, la qualité observée dépend du taux d'erreurs binaires (TEB). Les erreurs binaires résultent de l'effet combiné du bruit et du brouillage. Contrairement à ce qui se passe en transmission analogique, on peut trouver des compromis entre leurs effets et répartir l'influence de chacun d'eux pour obtenir un bilan de liaison et un rapport de protection raisonnables, donc une utilisation efficace du spectre.

On trouve dans [Newland, 1988] une étude du compromis entre le C/N et le C/I pour une modulation numérique de type MDP. Cette étude montre que l'effet d'un brouilleur cocanal unique ou prépondérant est semblable à celle d'un signal sinusoïdal, donc moins sévère que le niveau équivalent de bruit gaussien. Plus il y a de brouilleurs, plus l'effet du brouillage se rapproche de celui d'un bruit additionnel de niveau équivalent; ce que confirme [Priestman et O'Neill, 1987]. On peut généraliser ces résultats pour inclure le brouillage par le canal adjacent, compte tenu du filtrage du canal.

A titre d'exemple de compromis possible entre C/N et C/I (rapport de protection dans le même canal), le Tableau XIV indique des valeurs types assorties des conditions suivantes:

- modulation numérique dans un système à 2 bits/Hz
- largeur de bande équivalente de bruit: débit binaire/2
- TEB requis: 10^{-5}
- marge (y compris l'effet de dégradation du canal): 1,5 dB
- contribution du brouillage par les canaux adjacents: 1 dB

Dans ces conditions, le rapport $C/_{(N+1)}$ total est 15 dB.

TABLEAU XIV

C/N (dB)	C/I (dB)
16	22
17	19,5
18	18
20	16,5
22	16

Une autre étude sur l'utilisation du codage convolutionnel [CCIR, 1986-90a] a montré expérimentalement qu'avec un décodage de Viterbi un brouillage mutuel est encore mieux toléré. Par exemple, avec un codage de taux 1/2 et de longueur de contrainte égale à 6, la dégradation causée par un brouillage unique (C/I = 10 dB) est équivalente à une diminution de 1 dB seulement du C/N, même pour un TEB de 10^{-2} . Ici aussi, il faut distinguer le cas d'un brouilleur unique ou prépondérant de celui de brouilleurs multiples; ces derniers doivent être traités comme du bruit supplémentaire.

3.1.14 Rapport de protection pour les systèmes de TVHD et de télévision conventionnels utilisant la modulation de fréquence dans la bande des 12 GHz planifiée

Il a été procédé à des essais dans le cadre du projet EUREKA-95.

Les résultats de ces essais ont été obtenus avec la première chaîne expérimentale de TVHD, en 1989, à l'aide du satellite français TDF-1 et d'un simulateur de satellite [CCIR, 1986-90b].

On a mesuré les brouillages co-canal et canal premier adjacent (\pm 19,18 MHz) qui dégradent l'image de façon tout juste perceptible, dans les deux cas suivants:

- brouillage entre deux signaux HD-MAC,
- brouillage par HDMAC de la norme de référence de la CAMR-77 (SECAM avec sous-porteuse son).

Ces études de brouillage des canaux ont été effectuées selon le procédé appelé méthode des limites. A partir d'un niveau où le brouillage est clairement visible, on réduit progressivement le niveau de brouillage jusqu'à ce qu'on ait dépassé le moment où il n'est plus visible, puis on augmente le niveau jusqu'au-delà du point où il réapparaît. On demande à plusieurs reprises aux observateurs si la dégradation est visible ou non. On choisit 7 niveaux autour de la valeur ainsi estimée. Le seuil de visibilité est la moyenne entre le dernier niveau visible (seuil à la décroissance) et le premier (seuil à la croissance).

On peut tirer de ces essais les conclusions préliminaires suivantes:

- Lorsque le signal désiré est le signal de référence de la CAMR, on satisfait aux rapports de protection prescrites par la CAMR-77 avec une marge supérieure à 9 dB. Le signal HDMAC n'est pas plus critique que le signal MAC habituel;
- Deux signaux HDMAC peuvent coexister dans le plan de radiodiffusion de la CAMR-77.

Un récepteur HDMAC équipé du filtre de référence de la CAMR (Butterworth du 4ème ordre avec une largeur de bande de 27 MHz à 3 dB) n'aura pas la réjection suffisante à l'égard des brouillages par d'autres signaux "classiques" du type CAMR présents dans le canal adjacent. Toutefois, on a incorporé dans le récepteur un filtre à ondes acoustiques de surface pour obtenir les rapports de protection dans la voie adjacente indiqués dans le Tableau XV, sans compromettre les autres aspects relatifs à la qualité de fonctionnement du récepteur.

Des essais ont été effectués au Japon en 1989 [CCIR, 1986-90c].

Les mesures des rapports de protection mettaient en jeu soit deux signaux MUSE, soit un signal MUSE et un signal 525 lignes M/NTSC.

Les résultats de ces essais montrent que les rapports de protection co-canal et canal adjacent pour le brouillage entre un signal MUSE et un signal M/NTSC, et entre deux signaux MUSE, satisfont aux critères posés lors de la planification du SRS dans la bande des 12 GHz, cela avec des marges suffisantes.

Les résultats des mesures MUSE et HDMAC figurent dans le Tableau XV.

A noter que certains des paramètres utilisés pour les essais avec des signaux MUSE et avec des signaux HDMAC sont les valeurs provisoires indiquées dans les notes du Tableau I de la Recommandation 710. Ces valeurs peuvent être utilisées jusqu'à ce que les valeurs recommandées dans le tableau soient techniquement réalisables.

En outre, aucune de ces méthodes ne comportait de tests "de banc d'essai" pour établir des comparaisons avec les systèmes classiques de télévision, comme indiqué aux § 3.1.5 et 3.1.6 du présent Rapport. En conséquence, les résultats des nouveaux essais doivent être considérés comme préliminaires.

TABLEAU XV

Résultats des mesures des rapports de protection pour un brouillage à peine perceptible pour certains systèmes de TVHD et de télévision classique

Signal utile (diapositives d'essai)	Signal brouilleur	Rapports de protection dans la voie (dB)				
		Adjacente* inférieure	Dans la même voie	Adjacente* supérieure	Note	
NTSC SMPTE #1 SMPTE #14	MUSE	10 12	18 19	11 12	1)	
MUSE "Fruits" "Salle des congrès"	NTSC	8 7	18 20	8 11	1)	
MUSE "Fruits" "Salle des congrès"	MUSE	9	24 24	8 9	1)	
HDMAC	HDMAC	. 6	22	7	2) 3)	
SECAM	HDMAC	11	25	11	2) 4)	

^{*} Espacement des fréquences dans le canal adjacent: ± 19,18 MHz

Notes relatives au Tableau XV

Note 1 - Les conditions d'observation étaient les suivantes:

	MUSE	Système à sous-porteuse numérique M/NTSC
Images test Signal utile	Diapositives d'essai * Fruits Hall du congrès	Diapositives d'essai N° 1 de la SMPTE N° 14 de la SMPTE
Signal brouilleur	Barres de couleur	Barres de couleur
Rapport distance d'observation sur hauteur de l'image	3	6
Ecran de contrôle	RVB 30 pouces	NTSC 20 pouces
Luminance crête de l'écran (cd/m²)	70	70
Rapport luminance de l'écran pour une image toute au noir observée dans un local obscur à celle du blanc crête	environ 0,01	environ 0,01
Lumière ambiante	faible	faible
Echelles de notation	de dégradation à 5 notes	de dégradation à 5 notes
Observateurs	12 non-experts	12 non-experts

 $^{^{\}star}$ Ces diapositives sont par le contenu semblables aux diapositives d'essai N $^{\circ}$ s 1 et 14 de la SMPTE.

Note 2 - Les conditions d'observation étaient les suivantes:

- Distance d'observation: 3 H
- Luminance crête: 80 Cd/m²
- Rapport de contraste: 30:1
- Contrôle: 1250/50/2

- Tube image: tube à masque, diagonale

de 77 cm

Au cours de tous les essais, les images étaient observées par six experts.

Pour transmission sur le canal non désiré, on avait réalisé spécialement une image électronique aussi critique que possible en théorie (grille électronique pour le brouillage HDMAC par HDMAC).

Note 3 - Pour la mesure dans le même canal, la diapositive "les bateaux" a été utilisée comme signal utile; pour les mesures dans le canal adjacent, la diapositive "le cirque" a été utilisée comme signal utile.

Note 4 - Pour ces mesures, la diapositive "les bateaux" a été utilisée comme signaux utiles.



3.2 Brouillage causé par d'autres types de signaux

3.2.1 Brouillage causé à des signaux de télévision à modulation de fréquence

TDF a procédé à des mesures du brouillage causé à un signal de télévision à modulation de fréquence par un signal multiplex son à modulation de fréquence et par un signal téléphonique MDP. Pour le rapport de protection dans le même canal, PR_0 les résultats obtenus sont les suivants:

Signal utile	TV-MF				
Signal brouilleur	Mulain lauran ME	Téléphon	ie MDP-4		
	Multiplex son MF	32 Mbit/s	52 Mbit/s		
Rapport de protection dans le même canal (PR ₀) (dB)	27	19	19		

On trouvera des renseignements plus détaillés concernant les caractéristiques des signaux aux § 4.1.1 de l'Annexe I et dans le doc. [CCIR, 1974-78b].

3.2.2 Brouillage causé à des signaux MA-BLR

Les Etats-Unis d'Amérique ont effectué des mesures sur le brouillage causé par des voies son multiples à un signal télévision MA-BLR du système M/NTSC. Ces essais, dans lesquels les signaux brouilleurs ont été limités à la bande de fréquences 1 à 3 MHz au-dessus de la porteuse image, ont permis de conclure qu'un rapport de protection voisin de 50 dB est nécessaire.

Des renseignements plus détaillés sont donnés au § 1.2 de l'Annexe I.

3.3 Ecarts à partir du cas de référence

En se fondant sur les données contenues dans l'Annexe I, on peut, de la façon décrite ci-après, évaluer quantitativement et qualitativement les effets de différents écarts par rapport au cas de référence (voir la Recommandation 600).

3.3.1 Compétence des observateurs

On a étudié la relation existant entre les opinions respectivement exprimées par des experts et par des non-spécialistes; il s'agissait du rapport de protection du système M/NTSC à 525 lignes, avec modulation d'amplitude et bande latérale résiduelle, contre un brouillage à peine perceptible à modulation de fréquence. Pour les experts, la valeur du rapport de protection était plus élevée de 2 à 4 dB (voir le § 1.1 de l'Annexe I). Pour les autres signaux utile et brouilleur, il se peut que la relation soit différente; elle doit donc être déterminée en procédant à de nouvelles expériences.

3.3.2 Excursion de la porteuse due à la sous-porteuse son

Les mesures faites par la BBC au sujet du brouillage entre deux signaux de télévision à modulation de fréquence (système I/PAL), indiquent la possibilité d'une légère diminution du rapport de protection pour le canal adjacent si l'on réduit la valeur de l'excursion de la porteuse principale sous l'effet de la sous-porteuse son (à partir d'une valeur de \pm 2,8 MHz). Les mesures faites au Japon au sujet du brouillage entre deux signaux de télévision à modulation de fréquence (système M/NTSC), ont montré que la présence d'une ou deux sous-porteuses son avait un effet négligeable sur le rapport de protection.

3.3.3 Synchronisation d'exploration

Si les fréquences d'exploration de ligne des émissions utile et brouilleuse ne sont pas verrouillées en fréquence, il est probable que le rapport de protection dépassera légèrement la condition de référence.

3.3.4 Type de l'image

Des mesures ____ faites aux Etats-Unis d'Amérique [CCIR, 1982-86b] indiquent qu'une diminution de 5 à 6 dB du rapport de protection mesuré dans le même canal pourrait amener à utiliser un programme normal au lieu de scènes fixes raisonnablement critiques.

3.3.5 Taux de modulation

Dans le cas de deux signaux à modulation de fréquence, l'augmentation du taux de modulation diminue le rapport de protection dans le même canal, comme l'indiquent les formules (1a) et (1b). Pour comparer les rapports de protection dans le même canal, mesurés avec une excursion crête-à-crête différente de celle du cas de référence (c'est-à-dire 12 MHz/V), il convient de modifier les résultats des mesures en ajoutant une constante de correction de $20 \log D_{\nu}/12$, où D_{ν} représente l'excursion de fréquence crête-à-crête, en MHz.

Cette correction s'applique en première approximation aux signaux MA-BLR affectant des signaux à modulation de fréquence, mais une correction plus petite s'applique aux signaux à modulation de fréquence affectant des signaux à MA-BLR (voir les exemples du Tableau XVII de l'Annexe I). Cette correction n'est pas applicable dans le cas des grands écarts de fréquences.

3.3.6 Préaccentuation

Dans le cas de brouillage causé à un système à modulation d'amplitude et à bande latérale résiduelle par un système à modulation de fréquence, la valeur du rapport de protection dans le même canal diminue de 1,0 dB lorsque la préaccentuation n'est pas appliquée au signal brouilleur. Pour comparer le résultat des mesures avec les conditions de référence, les rapports de protection mesurés doivent, dans ce cas, être modifiés en ajoutant une constante de 1,0 dB. Dans le cas d'un brouillage entre deux systèmes à modulation de fréquence, la préaccentuation exerce un effet négligeable sur le rapport de protection dans le même canal, tandis que, pour le canal adjacent, il faut un décalage un peu plus important de la porteuse, pour parvenir, en l'absence de préaccentuation, au même rapport de protection.

3.3.7 Dispersion d'énergie

Dans le cas d'un brouillage causé à un système à modulation d'amplitude et à bande latérale résiduelle par un système à modulation de fréquence, l'emploi de la dispersion d'énergie réduit la valeur du rapport de protection dans le même canal de 1,5 dB par MHz de l'excursion crête-à-crête causée par la dispersion d'énergie. Pour comparer les mesures faites en appliquant la dispersion d'énergie avec les mesures faites dans les conditions de référence, il convient de modifier, par l'addition d'une constante de 1,5 dB/MHz le rapport de protection mesuré dans le même canal.

3.3.8 Léger décalage des fréquences porteuses

En règle générale, pour un décalage de fréquences voisin de zéro, le rapport de protection a une valeur constante. Dans certains cas, des variations sont introduites par la vulnérabilité au brouillage de certaines composantes du signal, telles que la sous-porteuse couleur.

3.3.9 Effets du bruit

Certaines administrations estiment que, dans la planification des systèmes, on pourrait tenir compte du fait que les brouillages sont masqués par le bruit aléatoire. En pareil cas, on pourrait adopter pour le rapport de protection une valeur plus faible PR_1 . Si le rapport signal de luminance crête-à-crête/bruit pondéré efficace est représenté par S/N, les résultats obtenus pour le système M à 525 lignes suggèrent que:

$$PR_1 = PR_0 - (49 - S/N) \text{ pour } S/N < 49 \text{ dB}$$

 $PR_1 = PR_0 \text{ pour } S/N \ge 49 \text{ dB}$ (2)

PR₀ étant le rapport de protection dans les conditions de référence (voir la Recommandation 600). D'autres administrations ont obtenu des résultats indiquant que la présence de bruit tend à élever la valeur du rapport de protection. Les données pour les effets de bruit figurent dans les § 1.1.1.3, 1.1.1.4, 1.3, 3.1 et 3.3 de l'Annexe I.

Des mesures _____ faites aux Etats-Unis d'Amérique [CCIR, 1982-86b] montrent l'effet du brouillage et du bruit sur le rapport de protection dans le même canal. L'effet combiné du brouillage et du rapport signal/bruit du système détermine le rapport de protection pour une qualité du service spécifiée. Le détail des mesures figure au § 3.1.7 de l'Annexe I.

Des essais ont été faits au Canada sur la dégradation due au bruit et au brouillage pour déterminer la validité de la loi d'addition des unités de dégradation. Les résultats obtenus montrent que la loi d'addition donne des valeurs calculées des notes d'opinion légèrement inférieures aux valeurs observées, jusqu'à une différence maximale de 0,3. Des détails sont donnés dans le Rapport 405.

3.3.10 Conditions d'observation

La plupart des mesures du rapport de protection ont été effectuées avec un rapport distance d'observation/hauteur d'image de 4 à 6, conformément à la Recommandation 500. Des mesures effectuées au Japon [CCIR, 1978-82a], avec un rapport de distance d'observation de 1 à 1,5 ont permis d'obtenir, pour un brouillage juste perceptible, un rapport de protection de 38 dB entre deux signaux de télévision à modulation de fréquence du système M/NTSC.

Des renseignements plus détaillés sur ces essais sont donnés aux § 3.1, 4.1.2 et 4.1.3 de l'Annexe I.

4. Brouillage causé à un signal multiplex son par d'autres signaux

TDF a mesuré les rapports de protection dans le même canal dans le cas d'un brouillage causé à un signal radiophonique multiplex à modulation de fréquence par un signal de télévision à modulation de fréquence, par un signal téléphonique MDP et par un signal radiophonique multiplex à modulation de fréquence. Les résultats obtenus sont les suivants:

Signal utile	Multiplex son MF					
Signal brouilleur	TV-MF	Téléphon	Multiplex son MF			
Signal brounteur	1 4 - 1411	32 Mbit/s	52 Mbit/s	with the solit will		
Rapport de protection dans le même canal (PR ₀) (dB)	19	18	18	25		

il convient maintenant de mener à bien les mesures du rapport de protection entre canaux adjacents. On trouvera dans le § 4 de l'Annexe I des renseignements supplémentaires à ce sujet.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUCHARD, M., CHOUINARD, G. et TRENHOLM, R. [décembre 1984] Subjective evaluation of the effect of noise and interference on frequency modulated NTSC television signals, Report Nº 1357. Communications Research Centre, Ministère des Communications, Ottawa, Canada.

CHOUINARD, G. et BARRY, J. N. [octobre 1984] NTSC and MAC television signals in noise and interference environments, SMPTE Journal, Vol. 93, 10, 930-942.

NEWLAND, J.D. [1988] - Investigation of mutual interference between digitally modulated signals. BBC Research Department Report N° BBC RD 1988/13.

PRIESTMAN, S.R. et O'NEILL, H.J. [1987] - The results of tests on D-MAC Signals Utilising a Breadboard Satellite Transponder. IBA Experimental and Development Department Report 137/87.

RPC SAT-R2 [1982] Document A/39: Considérations relatives au brouillage et au partage entre les signaux analogiques et les signaux numériques dans le service de radiodiffusion par satellite (Etats-Unis d'Amérique).

SHELSWELL, P. [1984] Satellite broadcasting: The performance of C-MAC in a hardware simulation of a DBS transmission chain. BBC Research Department Report, BBC RD 1984/9.

Documents du CCIR

[1970-74]: a. 11/318 (UER).

[1974-78]: a. 11/25 (UER); b. 11/101 + 11/114 (France).

[1978-82]: a. 10-11S/19 (Japon).

[1982-86]: a. 10-11S/190 (Canada); b. 10-11S/49 + Corr.1 (Etats-Unis d'Amérique); c. 10-11S/55 + Add.1 (Canada); d. 10-11S/40 (UER); e. 10-11S/173 (France); f. 10-11S/5 (Japon); g. 10-11S/136 (Japon); h. 10-11S/161 + Corr.1 (Etats-Unis d'Amérique).

ANNEXE I

RÉSULTATS DES MESURES DU RAPPORT DE PROTECTION

La présente Annexe récapitule les résultats de mesure des rapports de protection obtenus par plusieurs administrations, pour la télévision à modulation de fréquence et à modulation d'amplitude, pour des signaux vidéo de types suivants: M/NTSC, B/PAL, G/PAL, D/PAL, I/PAL, K/SECAM et L/SECAM. On trouvera également des renseignements sur un système multiplex son et des systèmes de téléphonie numérique utilisés dans la mesure des rapports de protection. Le Tableau XVI ci-après peut être utilisé pour faciliter la compréhension de l'Annexe I.

1. Brouillage causé à un signal de télévision MA, à bandes latérales résiduelles (MA-BLR)

1.1 Brouillage causé à un signal de télévision MA-BLR par un signal de télévision MF

1.1.1 Système M à 525 lignes (NTSC)

Les renseignements ci-après se basent sur les résultats de mesures effectuées aux Etats-Unis et au Japon [Kaneda, 1972]. On utilisait le système M aussi bien pour le signal de télévision à modulation de fréquence que pour le signal de télévision en couleur à modulation d'amplitude avec bandes latérales résiduelles.

1.1.1.1 Rapport de protection dans le même canal

Dans l'évaluation subjective du rapport de protection dans le même canal, pour un signal de télévision MA-BLR brouillé par un signal de télévision MF, les conditions les plus importantes adoptées pour les mesures effectuées au Japon étaient les suivantes:

- le rapport signal d'image/bruit non pondéré est au moins égal à 42 dB;
- utilisation des diapositives Nos 1, 9 et 14 de la SMPTE, et du signal barre de couleur;
- nombre d'observateurs: 24, dont 12 experts;
- distance d'observation: 6 fois la hauteur de l'image.

1.1.1.2 Rapport de protection en fonction du décalage de la fréquence porteuse

Dans les mesures effectuées aux Etats-Unis d'Amérique (§ 1.1.1.2, 1.1.1.3 et 1.1.1.4), les conditions expérimentales étaient les suivantes. Les rapports de protection mesurés correspondent à un brouillage visuel juste perceptible. Les essais ne portaient pas sur le brouillage audiofréquence. Le tube image mesurait 38 cm en diagonale, et les distances d'observation étaient comprises entre 135 et 165 cm. Le centre de l'image observée se trouvait au niveau des yeux de l'observateur, et l'angle de vision latérale avait une valeur maximale de 30°. Le niveau de crête du blanc correspondait à une luminance de l'ordre de 200 lux. La luminance produite par la surface entourant le tube image était d'environ 1 lux. Le signal utile MA-BLR était le support d'un programme reçu directement lors de sa diffusion. La porteuse brouilleuse MF transmettait divers signaux d'essai fixes et avait une excursion de fréquence crête-à-crête de 18 MHz. La polarité du signal modulant était telle que l'excursion produite par les impulsions de synchronisation allait dans le sens des fréquences décroissantes. Le signal MF ne comportait pas de préaccentuation.

La Fig. 2 [Miller et Myhre, 1970] donne le rapport de protection de la modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle à l'égard de la modulation de fréquence en fonction du décalage de la fréquence porteuse. Pour ces essais, le rapport signal (MA-BLR)/bruit aléatoire était de 49 dB (pondéré). L'appréciation du brouillage juste perceptible était faite par un seul observateur, qui était un expert.

Les courbes de la Fig. 2 montrent que le brouillage produit par des images fixes est plus facilement perceptible que le brouillage dû à des objets en mouvement. La zone hachurée de la Fig. 3 contient les résultats correspondant aux diverses courbes expérimentales, et indique les limites supérieure et inférieure du rapport de protection pour la modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle. Si l'on veut empêcher tout brouillage perceptible imputable à des images fixes et à des images animées, il convient d'utiliser un rapport de protection dépassant la limite supérieure de la zone hachurée de la Fig. 3.

TABLEAU XVI - Index relatif aux mesures des rapports de protection données dans la présente Annexe

Paragraphe	Système	Signal utile	Signal brouilleur	Essai/Condition de brouillage	Administration
1.1.1.1	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Dans le même canal/ Juste perceptible	Japon
1.1.1.2	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	USA
1.1.1.3	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Fonction de S/N du signal MA-BLR	USA
1.1.1.4	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Juste perceptible (Expert/non spécialiste)	USA
1.2	M/NTSC, K/SECAM, G/PAL	MA-BLR	Plusieurs progr. son	Dans le même canal/ Juste perceptible	USA, URSS
1.3	I/PAL	MA-BLR	TV-MF	Dégradation du C/I / dans le même canal	ввс
1.4	G/PAL	MA-BLR	TV-MF	Dans le même canal/ Juste perceptible	IRT
1.5	L/SECAM	MA-BLR	TV-MF	Dans le même canal/ Juste perceptible	TDF
1.6	K/SECAM, B/PAL, M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Calcul de RP ₀ pour la MA-BLR	URSS
1.7	G/PAL, L/SECAM	MA-BLR	TV-MF	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	(Européenne)
2.1	M/NTSC	TV-MF	MA-BLR	Décalage de fréquence dans le même canal/ Juste perceptible	USA
2.2	K/SECAM	TV-MF	MA-BLR	(Détails dans le § 5)	URSS
3.1.1	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	USA
3.1.2	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	Canada
3.1.3	Divers M/NTSC, PAL, SECAM	TV-MF	TV-MF	Dans le même canal/ Juste perceptible	Japon
3.1.4	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Dans le même canal/ Juste perceptible (1,5 la hauteur d'image)	Japon
3.1.5	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Dégradation du C/I / dans le même canal	USA
3.1.6	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Brouillage dans le même canal Brouillage par le canal adjacent Bruit Brouillages multiples Bruit et brouillage	Canada
3.1.7	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Brouillage dans le même canal Brouillage par le canal adjacent Bruit Brouillages multiples Bruit et brouillage	USA

TABLEAU XVI (suite)

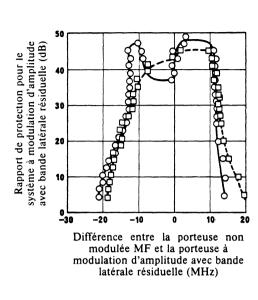
Paragraphe	Système	Signal utile	Signal brouilleur	Essai/Condition de brouillage	Administration
3.2	B/PAL, G/PAL, I/PAL, L/SECAM	TV-MF	TV-MF	Décalages de fréquence Gabarit de la (CAMR-RS-77)	(Européenne)
3.3		Son FM à grande excursion	Idem	Dans le même canal/ Juste perceptible	ВВС
4.1.1	PAL	TV-MF	Son MF Multiplex		TDF
4.1.2	M/NTSC	TV-MF	Multiplex, MRF-MF		Japon
4.1.3	M/NTSC, D/PAL	TV-MF	TV numérique, données	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	USA, Chine (République populaire de)
4.2.1	M/NTSC	TV numérique	TV-MF	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	USA
4.2.2	M/NTSC	TV numérique	TV numérique, données	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	USA
4.2.3	M/NTSC	Données numériques	TV numérique	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	USA
5.	K/SECAM	TV-MF	Onde entretenue	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	URSS
	K/SECAM	TV-MF	MA-BLR	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	URSS
	K/SECAM	TV-MF	TV-MF	Décalage de fréquence/ Juste perceptible	URSS
	K/SECAM	TV-MF	TV-MF	S/N en fonction du rapport de protection, dans le même canal/ Juste perceptible	URSS
6.	Considérations re	elatives au brouillage	par le PTT (prot	ection des signaux de télévision)	1
7.	Discussion des ré	sultats			

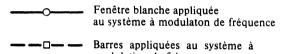
Le Tableau XVII récapitule les valeurs du rapport de protection dans le même canal, pour un brouillage juste perceptible. Il apparaît que ces résultats concordent assez bien avec ceux du § 1.1.1.2.

TABLEAU XVII- Récapitulation des valeurs du rapport de protection dans le même canal

Signal utile: télévision à modulation d'amplitude bande latérale résiduelle Signal brouilleur: télévision à modulation de fréquence			Signal utile: télévision à modulation de fréquence Signal brouilleur: télévision à modulation d'amplitude, bande latérale résiduelle			
$D_{\nu}(1)$ Pour brouillage Pour note de dégradation 3,5 (dB)		D _ν (1) (MHz)	l juste perceptible I dégradation 3			
8	52	46	8	36	28	
16	49	42	16	30	24	
24	48	43	20	28	22	

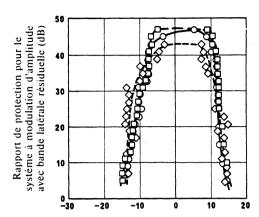
⁽¹⁾ D_{ν} est l'excursion de fréquence crête-à-crête du signal de télévision à modulation de fréquence.





a) Fenêtre blanche et barres de couleur appliquées au système à modulation de fréquence

modulation de fréquence



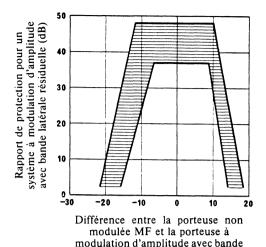
Différence entre la porteuse non modulée MF et la porteuse à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle (MHz)

«Scène de cuisine» appliquée au système à modulation de fréquence
 Diapositive «jeune fille» appliquée au système à modulation de fréquence
 Programme reçu directement sur le système à modulation de fréquence

b) «Scène de cuisine», diapositive «jeune fille» et programme reçu directement appliqués au système à modulation de fréquence

FIGURE 2 - Rapport de protection pour un système à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle en fonction du décalage des fréquences porteuses

 $\frac{(P_{CR \ SYNC \ MOY})_{MA-BLR}}{(P_{MOY})_{MF}}$



latérale résiduelle (MHz)

FIGURE 3 – Rapport de protection nécessaire pour obtenir un brouillage tout juste perceptible dans un système de télévision à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle brouillé par un système de télévision à modulation de fréquence

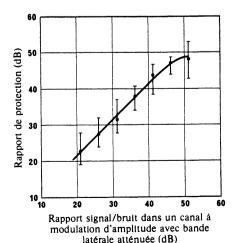
 $\frac{(P_{CR \ SYNC \ MOY}) \ _{MA-BLR}}{(P_{MOY}) \ _{MF}}$

Plus récemment, des essais ont été effectués aux Etats-Unis d'Amérique [Barnes et Miller, 1978]. Cette série d'essais portait sur une grande variété de caractéristiques de signaux utiles et brouilleurs du système M/NTSC. Au nombre de ces caractéristiques, figurent les décalages de fréquence, des excursions crête-à-crête de 12 et 18 MHz pour les signaux modulés en fréquence, des filtres à 3 et 4 sections, plusieurs diapositives d'essai et des barres de couleurs qui font office de signal utile, ainsi que la préaccentuation pour les signaux modulés en fréquence. En raison du nombre élevé d'essais, un seul expert a été utilisé pour juger les brouillages juste perceptibles, par contre, les autres conditions d'essai sont conformes à la Recommandation 600. Dans le cas du brouillage causé à un signal de télévision MA-BLR par un signal de télévision MF, les rapports de protection mesurés dans le même canal ont été de 55 dB, ce qui est comparable à la valeur de 50 dB obtenue dans les mesures décrites plus haut. Cette différence est attribuée au changement du contenu de l'image utile et à l'utilisation de préaccentuation. Il est conclu que les conditions d'essai du cas de référence établi dans la Recommandation 600 permettent d'obtenir des rapports de protection supérieurs à ceux résultant des conditions d'essai décrites plus haut dans la présente section.

1.1.1.3 Rapport de protection en fonction du rapport signal/bruit

La Fig. 4 représente la variation du rapport de protection pour la modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle contre un brouillage juste perceptible causé par un signal MF, en fonction du rapport signal image de sortie/bruit pondéré sur le système MA-BLR [Miller et Myhre, 1970]. Les résultats représentés à la Fig. 4 ont été fournis par des essais effectués avec des programmes reçus directement, aussi bien par le système à modulation d'amplitude que par le système à modulation de fréquence. Pour des rapports signal/bruit inférieurs à 45 dB, la Fig. 4 montre que le rapport de protection moyen peut s'exprimer par:

$$R_{MA/MF} = S/B_{pond.} + 2 dB (3)$$



Décalage de la fréquence porteuse: 0,5 MHz Excursion de fréquence crête-à-crête: 18 MHz

Rapport de protection pour un brouillage juste perceptible

34 observations faites par un observateur expert: moyenne pour chaque valeur du rapport signal/bruit (S/B)

 $S/B = \frac{\text{Différence de tension blanc-suppression}}{\text{Tension efficace du bruit à 4,2 MHz (Pondéré)}}$

Pas de préaccentuation dans le système à modulation de fréquence

FIGURE 4 - Rapport de protection pour un système à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle en fonction du rapport signal/bruit dans le canal à modulation d'amplitude

résultats expérimentaux pour plusieurs valeurs du rapport signal/bruit. Les variations de ces résultats expérimentaux s'expliquent en grande partie par un changement de programme pendant les essais. Le brouillage est plus perceptible dans les plages colorées sombres que dans les plages colorées claires. Des images présentant des plages étendues de même couleur révèlent plus facilement le brouillage que des scènes multicolores. Si l'on veut éviter un brouillage perceptible pour différentes sortes de programmes dans les deux systèmes, il convient de choisir pour le programme MA-BLR un rapport de protection supérieur aux maximums des résultats expérimentaux. En ce cas, le rapport de protection correspondant à des rapports signal/bruit inférieurs à 45 dB aurait pour expression:

$$R_{MA/MF} = S/B_{pond.} + 7 dB (4)$$

1.1.1.4 Essais de détermination du rapport de protection avec un grand nombre d'observateurs

La Fig. 5 donne des résultats obtenus dans des essais pour lesquels on avait fait appel à 30 observateurs; il s'agissait de déterminer le rapport de protection d'une modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle contre un brouillage juste perceptible produit par une modulation de fréquence. Chaque observateur voyait une suite aléatoire d'images dans lesquelles on faisait varier le rapport de puissance signal utile/signal brouilleur. On demandait aux observateurs de dire seulement s'ils percevaient ou non un brouillage de l'image. L'image MA-BLR était fournie par un programme reçu directement. Le signal brouilleur MF représentait une scène filmée dans une cuisine, les barres de couleur, la fenêtre blanche, ou encore un programme reçu directement. La courbe de la Fig. 5 représente la moyenne des résultats en pourcentage pour les quatre signaux modulants différents appliqués au système MF. Les segments de droite verticaux indiquent l'étalement des pourcentages correspondant aux quatre essais. Pour une valeur donnée du rapport de puissance, le pourcentage d'observateurs qui ne perçoivent pas de brouillage dépend de la nature du programme MA-BLR. De même que dans les essais effectués avec un seul observateur expert, les images fixes présentant des plages sombres ou de grandes plages de la même couleur nécessitaient un rapport de puissance plus grand pour donner un brouillage imperceptible. Les conditions expérimentales étaient les suivantes:

Rapport signal (MA-BLR)/bruit: 46 dB (pondéré);

Décalage de la fréquence porteuse: 0,5 MHz.

Sur les 30 observateurs, 3 étaient des experts. Le groupe était constitué de 3 femmes et de 27 hommes.

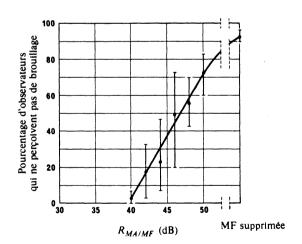


FIGURE 5 — Pourcentage d'observateurs qui ne perçoivent pas de brouillage en fonction du rapport de protection, R_{MA/MF}

Compte tenu des résultats donnés par ces essais de portée limitée, on peut écrire l'expression suivante pour le rapport de protection en MA-BLR, tel que 50% des observateurs ne perçoivent pas de brouillage:

$$R_{MA/MF} = S/B_{pond.} dB (5)$$

On a fait le même essai avec les observateurs experts, qui ont donné les résultats représentés par les figures (essai de brouillage à peine perceptible). Pour que ces observateurs experts ne perçoivent pas de brouillage, il faut que l'on ait l'expression suivante pour le rapport de protection mesuré en MA-BLR:

$$R_{MA/MF} = S/B_{pond} + 4 dB (6)$$

Ces résultats montrent que l'appréciation des observateurs experts qui avaient participé aux autres essais correspond à une amélioration de 4 dB par rapport à l'appréciation du groupe des 30 observateurs.

Les formules (3) et (6) sont fondées sur deux critères de dégradation différents, ce qui fait que l'on ne peut pas les comparer directement. La formule (3) exprime le rapport de protection mesuré tel qu'un observateur expert perçoit un brouillage tout juste perceptible; par contre, la formule (6) exprime le rapport de protection mesuré tel que des observateurs experts ne perçoivent pas de brouillage.

1.2 Brouillage causé à un signal de télévision MA-BLR par plusieurs voies son

Des essais ont été effectués aux Etats-Unis d'Amérique [CCIR, 1978-82a] avec comme signal utile un signal de télévision MA-BLR et comme signaux brouilleurs des signaux provenant de plusieurs voies son. Les conditions d'essai ont été établies conformément aux dispositions de la Recommandation 600. Le signal utile était un signal de télévision MA-BLR du système M/NTSC avec un rapport signal/bruit (non pondéré) de 40 dB. Comme signaux brouilleurs, on a utilisé des signaux provenant de plusieurs voies son à bande étroite modulées en fréquence, avec une excursion de crête de 20 kHz, ainsi que des voies à large bande avec une excursion de crête de 75 kHz. Les voies son ont été placées dans la bande des fréquences comprises entre 1 et 3 MHz au-dessus de la porteuse visuelle. La dégradation subie par l'image de télévision était évaluée subjectivement par quatre experts et cinq non-experts. Pour déterminer la valeur du rapport de protection $R_{MA/MF}$, c'est-à-dire le rapport de la puissance de l'onde porteuse utile MA-BLR (à la crête du signal de synchronisation) à la moyenne de la puissance totale de toutes les voies son brouilleuses, on la faisait correspondre au seuil de perceptibilité de la dégradation due au brouillage. Les résultats de ces essais sont indiqués aux Tableaux XVIII et XIX.

TABLEAU XVIII-Rapports de protection $(R_{MA/MF})^*$ évalués au seuil de perceptibilité de la dégradation
causée à une image de télévision MA-BLR par des voies son MF à bande étroite

		R _{MA/MF} (dB)					
Nombre de voies son	Espacement entre voies	Em	ission de télévis	sion	Diapositive Philips Nº 14	Diapositive SMPTE Nº 1	
N	(kHz)	A	В	С	В	В	
2	50	45-52(1)	44-50(1)	39-46(1)	47-53(1)	48-57(1)	
4	50	47-56(1)	46-54(1)	42-49(1)	50-55(1)	51-56(1)	
10	50	50-53(1)	50-53(1)	43-46(1)	50-54(1)	52-53(1)	
20	100	50	50	46	50	49	
40	50	53	52	49	50	48	

*
$$R_{MAIMF} = \frac{(P_{CR \ SYNC \ MOY})_{MA-BLR}}{\sum\limits_{(i=1)}^{N} (P_i)_{MF}}$$

- (1) Les évaluations de $R_{MA/MF}$ variaient, entre les limites indiquées, en fonction de la position de la fréquence centrale des différentes voies dans la bande du signal de télévision, de 2 MHz de largeur.
- A: moyennes des évaluations de 4 experts, porteuses son non modulées
- B: moyennes des évaluations de 4 experts, porteuses son modulées par une onde sinusoïdale de 400 Hz
- C: moyennes des évaluations de 5 non-experts, porteuses son modulées par une onde sinusoïdale de 400 Hz.

TABLEAU XIX - Rapports de protection (R_{MA/MF})* évalués au seuil de perceptibilité de la dégradation causée à une image de télévision MA-BLR par des voies son MF à large bande

(image radiodiffusée: diapositive Philips Nº 14)

Nombre de voies son N	$R_{MA/MF}$ (dB)	
	A	В
2	44-46(1)	43-53(1)
4	46-53 (1)	44-51 (1)
10	49	46

*
$$R_{MAIMF} = \frac{(P_{CR \ SYNC \ MOY})_{MA-BLR}}{\sum\limits_{(i=1)}^{N} (P_i)_{MF}}$$

- (1) Les évaluations de $R_{MA/MF}$ variaient, entre les limites indiquées, en fonction de la position de la fréquence centrale des différentes voies dans la bande du signal de télévision, de 2 MHz de largeur.
- A: moyennes des évaluations de 4 experts, porteuses son non modulées
- B: moyennes des évaluations de 4 experts, porteuses son modulées par une onde sinusoïdale de 15 kHz.

Cette série d'essais conduit aux conclusions suivantes:

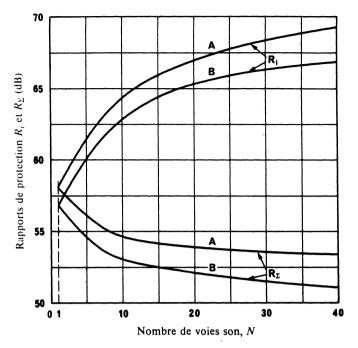
- des rapports de protection voisins de 50 dB sont applicables au cas de la réception d'émissions de télévision MA-BLR du système M/NTSC à protéger contre plusieurs voies son MF. L'évaluation du rapport de protection ne dépend pas beaucoup de la largeur de bande de ces voies son, mais elle est légèrement plus petite pour les voies à large bande;
- les résultats expérimentaux confirment l'hypothèse que la puissance totale émise par de nombreuses sources de brouillage a presque le même effet que la même puissance émise par une seule source de brouillage;
- quand les signaux brouilleurs sont des ondes porteuses modulées, au lieu d'être des ondes entretenues, le rapport de protection à prévoir est légèrement inférieur (de 1 à 3 dB).

Des études des rapports de protection pour un cas analogue d'interaction entre le signal utile et des brouillages ont été effectuées en URSS [CCIR, 1978-82b] pour des systèmes de télévision en couleur M/NTSC, G/PAL et K/SECAM. Les conditions de mesure étaient conformes aux dispositions de la Recommandation 600. 46 observateurs en tout, experts et non experts, ont participé aux travaux. On a utilisé comme images d'essai un programme de télévision réel et la diapositive SMPTE N° 14. On a pris un rapport signal/bruit non pondéré dans le canal de télévision égal à 40 dB. Comme brouillage, on a utilisé de 1 à 40 porteuses non modulées ou modulées en fréquence. La modulation en fréquence des porteuses était effectuée au moyen d'une onde sinusoïdale à 1000 Hz; l'excursion crête-à-crête des porteuses était de 40 kHz et l'espacement entre les fréquences des porteuses adjacentes de 50 kHz.

Le rapport de protection pour tous les cas a été déterminé pour le seuil de perceptibilité du brouillage (note 4,5 sur l'échelle de dégradation du CCIR).

Au cours des essais, on a établi que les relations entre les valeurs admissibles des rapports de protection et le nombre de signaux brouilleurs pour trois systèmes de télévision couleur étudiés étaient suffisamment proches les unes des autres (les différences entre des valeurs mesurées n'excédant pas 1 dB) pour qu'on puisse les réunir et présenter des résultats définitifs des travaux sous forme de courbes communes (pour les trois systèmes de télévision étudiés).

Ces résultats sont présentés sur les Fig. 6a) et 6b) pour montrer les relations entre la valeur admissible du rapport de protection pour une somme de signaux brouilleurs à bande étroite (R_{Σ}) et pour un signal brouilleur unique (tiré de la somme donnée) (R_i) en fonction du nombre de signaux brouilleurs respectivement non modulés et modulés en fréquence.



a) porteuse son non modulée

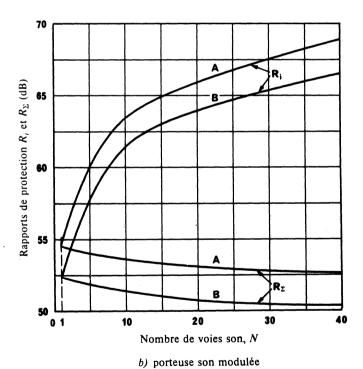


FIGURE 6 — Rapports de protection R_i et R_Σ pour le brouillage juste perceptible de la télévision MA-BLR par des voies son MF à bande étroite

Courbes A: une diapositive SMPTE N° 14
B: un programme de télévision
$$R_{i} = \frac{(P_{CR \ SYNC \ MOY})_{MA-BLR}}{(P_{i})_{MF}}, \quad R_{\Sigma} = \frac{(P_{CR \ SYNC \ MOY})_{MA-BLR}}{\sum_{i=1}^{N} (P_{i})_{MF}}$$

Sur ces figures, les courbes supérieures pour R_{Σ} et R_i ont été obtenues pour une image d'essai SMPTE N° 14, les courbes inférieures pour un programme de télévision réel.

On peut tirer les conclusions ci-après des résultats obtenus:

- l'effet des brouillages, sous forme de nombreux signaux MF à bande étroite, causés au signal de télévision MA-BLR est à peu près le même pour les différents systèmes de télévision couleur et est plus perceptible lorsque le brouillage tombe dans la bande d'émission du signal de luminance;
- la valeur admissible du rapport de protection pour le brouillage total diminue à mesure qu'augmente le nombre de signaux brouilleurs; cette diminution est surtout notable lorsque le nombre de signaux brouilleurs passe de 1 à 10;
- la suppression de la modulation des porteuses MF de brouillage entraîne un accroissement insignifiant du rapport de protection pour le brouillage total (pas plus de 1,5 dB) pour N > 10 mais un accroissement significatif (jusqu'à 3 ou 4 dB) pour N < 10.

1.3 Système I à 625 lignes (PAL)

La Fig. 7 présente, de façon condensée, les résultats de mesures subjectives effectuées récemment par la BBC [Brown, 1971a]. La porteuse utile MA-BLR était modulée par une image fixe (des livres, une boîte et de l'argenterie) et avait un rapport luminance/bruit pondéré de 43 dB. La porteuse brouilleuse MF était modulée par une barre couleur, avec une excursion de fréquence de 8 MHz (valeur crête-à-crête nominale) et une préaccentuation selon la courbe B de la Recommandation 405, sans dispersion d'énergie.

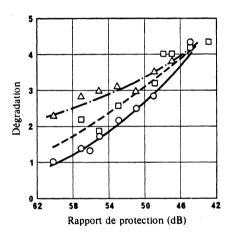


FIGURE 7 - Dégradation causée par un bruit aléatoire combiné simultanément avec un brouillage transmis dans le même canal

Il s'agit, dans cette figure, de rapports signal image/bruit non pondéré; pour le bruit pondéré (pondération selon le système I), la valeur numérique doit être augmentée de 6,5 dB.

Il ressort des résultats expérimentaux que, si le signal utile a un rapport signal/bruit de 36,5 dB (bruit non pondéré) ou de 43 dB (bruit pondéré), une valeur pratique de 53 dB pour le rapport de protection modifie la dégradation subjective: celle-ci passe d'une note inférieure à 2,0 (dans le cas d'un rapport signal/bruit non pondéré supérieur à 39 dB) à la note 2,5 environ.

Note. - L'échelle de dégradation utilisée était celle de l'UER:

Brouillage	Note
imperceptible	1
juste perceptible	2
nettement perceptible, mais non gênant	3
légèrement gênant	4
nettement gênant	5
inutilisable	6

Pour des rapports signal/bruit élevés, le rapport de protection, dans les tests de la BBC, était de 56 dB. On peut noter, d'après la forme des courbes de la Fig. 7, que la dégradation causée par le brouillage n'est pas notablement masquée par le bruit.

Moyennant l'observation des conditions suivantes, une réduction de ce rapport de protection serait admissible:

- sans préaccentuation: réduction de 1,5 dB;
- excursion portée de 8 à 12 MHz crête-à-crête: réduction de 2 dB;
- emploi de la dispersion d'énergie: réduction d'environ 2 dB par MHz d'excursion crête-à-crête.

En revanche, on a constaté qu'une modulation du signal brouilleur au niveau du noir nécessite une augmentation du rapport de protection (de 5 dB environ). Ainsi, pour la condition de référence, on peut adopter la valeur 54 dB pour le rapport de protection.

1.4 Système G à 625 lignes (PAL)

L'IRT, en République fédérale d'Allemagne, a effectué des essais sur le système B/PAL qui du point de vue examiné ici peut être considéré comme équivalent au système G/PAL. Le rapport signal/bruit pondéré était d'environ 50 dB. Le rapport de protection a été estimé par une note de dégradation de 2 sur l'échelle à 6 notes. Avec une excursion crête-à-crête de 8 MHz pour le signal brouilleur et sans préaccentuation, la valeur moyenne du rapport de protection était de 59,7 dB. Une série d'essais séparés ont indiqué qu'en moyenne la préaccentuation n'affecte pas les résultats d'une manière notable (cette conclusion diffère quelque peu de celle des essais de la BBC qui indiquait qu'on pouvait s'attendre à ce que la préaccentuation augmente le rapport de protection d'environ 1,5 dB. Cette différence peut être due au contenu d'images différent du signal brouilleur).

Les observateurs de cet essai étaient tous expérimentés et l'image utilisée tendait à être extrêmement sensible aux effets du brouillage. D'autre part, il faut se souvenir que la note de dégradation correspondait à une dégradation quelque peu supérieure aux conditions de référence. En tenant compte de ces facteurs, le rapport de protection pour la condition de référence peut être pris égal à environ 54 dB (voir la Recommandation 600).

1.5 Système L à 625 lignes (SECAM)

L'ORTF en France [CCIR, 1970-74a et b], a étudié le cas où le signal utile est aux normes du système L/SECAM, le signal brouilleur étant du PAL. Dans ce cas, la note de dégradation a été de 4 sur l'échelle à 5 notes. Dans certains essais séparés, on a trouvé que pour une note de dégradation à peine perceptible, c'est-à-dire note 2 sur l'échelle à 6 notes, le rapport de protection doit être augmenté d'environ 5 dB. En utilisant la formule de conversion proposée dans l'Annexe à la Recommandation 500 on trouve qu'il faut ajouter plus de 5 dB pour obtenir une note de dégradation de 4,5 (échelle à 5 notes).

On utilisait la préaccentuation. L'excursion aux fréquences basses était 3,8 MHz/V de sorte que la valeur équivalente à la fréquence de perte d'insertion nulle (c'est-à-dire environ 1,5 MHz) serait de 13,5 MHz crête-à-crête et il faut effectuer une autre correction (voir § 3.3.5 du présent Rapport) pour obtenir des résultats applicables à la condition de référence de 12 MHz.

En se rapportant aux conditions de référence (voir la Recommandation 600), les mesures de la TDF conduisent aux résultats suivants:

Rapport de protection mesuré pour la note 4: 45 dB

Correction pour rapporter les résultats à la note 4,5: +5 dB

Correction pour rapporter les résultats à l'excursion de 12 MHz: +0,5 dB

La valeur finale du rapport de protection pour les conditions de référence devient donc 50,5 dB.

1.6 Système K/SECAM à 625 lignes

Des études ont été effectuées en URSS [CCIR, 1978-82c, Borovkov et Lokshin, 1979] pour déterminer la valeur des rapports de protection pour les signaux MA-BLR des systèmes de télévision en couleur les plus communément utilisés.

Les conditions d'essais étaient conformes à celles que spécifie la Recommandation 500:

- contenu d'image MA-BLR: diapositives en couleur SMPTE Nº 14 et Philips Nº 8;
- signal utile: M/NTSC, G/PAL, K/SECAM;
- composition du signal brouilleur: barres de couleurs;
- signal brouilleur: excursion crête-à-crête 8 MHz, 16 MHz et 22 MHz;
- échelle d'évaluation: échelle de dégradation à 5 notes; seuil de perceptibilité: note 4,5 (Q=4,5);
- observateurs: 40, dont environ la moitié sont des experts;
- distance d'observation: 6 fois la hauteur de l'image;
- rapport amplitude crête-à-crête du signal vidéo utile/tension de bruit non pondéré au récepteur: supérieur à 40 dB;
- les fréquences porteuses des signaux utiles et brouilleurs sont voisines: cela permet un maximum de perceptibilité du brouillage;
- le signal brouilleur utilise une préaccentuation normale.

La variation de la dégradation de l'image en fonction du niveau du signal MF brouilleur n'ayant pas beaucoup varié d'un système à l'autre, il a été possible de grouper ces caractéristiques et de les représenter sur une seule courbe (voir la Fig. 8).

Les essais ont aussi montré que la dispersion de l'énergie d'un signal brouilleur MF par un signal en dents de scie atténue les effets brouilleurs, alors que l'avantage résultant de la dispersion d'énergie diminue à mesure qu'augmente l'amplitude crête-à-crête de l'excursion de fréquence, comme le montre la Fig. 9.

Dans le cas général, c'est-à-dire quelle que soit l'amplitude crête-à-crête de l'excursion de fréquence du signal MF brouilleur et quel que soit le degré de dispersion, on peut utiliser la formule suivante (pour une dégradation de l'image $Q \le 4,5$) signal de télévision MA-BLR contre les brouillages provenant d'un signal de télévision MF:

$$R_q = R_{oq} - 0.45 (D_v - D_{ov}) - M_d D_{dv} \qquad \text{pour } Q \le 4.5$$
 (7)

οù

 R_a : étant le rapport de protection, exprimé en dB;

 R_{oq} : le rapport de protection pour la valeur de l'excursion de fréquence D_{ov} prise comme valeur de référence (peut être déterminé à partir de la courbe correspondante de la Fig. 8);

 D_{dv} : l'amplitude crête-à-crête de l'excursion de fréquence due à la dispersion, exprimée en MHz, et

 M_d : un coefficient déterminé d'après la Fig. 9.

1.7 Décalage de fréquence

Si les fréquences sont décalées de quelques MHz, il est possible d'accepter une certaine réduction du rapport de protection. Il existe une différence suivant que le signal brouilleur est sur une fréquence plus élevée ou plus basse que le signal utile. Les essais faits par la BBC, l'IRT et la TDF ont tous montré que le rapport de protection ne varie que lentement en fonction de l'écartement des fréquences. Les Fig. 10 et 11 donnent des exemples de résultats obtenus respectivement par l'IRT et la TDF (avec des excursions légèrement supérieures à la condition de référence). Comme la largeur de canal de Terre est de 8 MHz dans les systèmes G, I et L, le meilleur décalage que l'on puisse utiliser est tel que les rapports de protection soient les mêmes à ± 4 MHz par rapport à l'axe de symétrie du spectre du signal brouilleur. Les Fig. 10 et 11 montrent que dans ce cas la réduction du rapport de protection ne dépasserait probablement pas 3 dB par rapport au cas du décalage nul.

2. Brouillage causé à un signal de télévision MF par un signal de télévision MA-BLR

2.1 Système M à 525 lignes (NTSC)

Les données dont on dispose dans ce cas ont été fournies par les Etats-Unis d'Amérique [Miller et Myhre, 1970] et par le Japon [Kaneda, 1972]. Aux Etats-Unis, on les a obtenues en transmettant un signal de télévision MF sur les mêmes fréquences qu'un signal de télévision MA-BLR. Pour évaluer le brouillage, on a étudié le signal de sortie vidéo d'un récepteur de télévision MF réglé sur le signal à modulation de fréquence. Les signaux employés dans les mesures étaient les mêmes que ceux décrits au § 1.1.1.2 de cette Annexe, avec cette différence que le signal MF devenait le signal utile et le signal MA-BLR devenait le signal brouilleur.

Les résultats de ces essais sont représentés à la Fig. 12. Le rapport signal de luminance/bruit pondéré était de l'ordre de 54 dB. L'appréciation du brouillage juste perceptible était faite par un seul observateur, qui était un expert. La largeur de bande du récepteur MF était de 30 MHz.

Les courbes de la Fig. 12 montrent que le brouillage produit par des images fixes qui présentent de grandes plages de couleur uniforme est plus facilement perceptible que le brouillage produit par des images animées; c'est le cas pour la plupart des programmes reçus directement. A la Fig. 13, la zone hachurée contient les courbes représentatives des rapports de protection mesurés. Si l'on veut éviter que des images fixes et des images animées produisent un brouillage perceptible, il convient de choisir un rapport de protection qui dépasse la limite supérieure de la zone hachurée de la Fig. 13.

Le Tableau XVII donne également les résultats de l'essai d'évaluation subjective effectué au Japon, pour un brouillage à peine perceptible entre un signal de télévision MF utile et un signal de télévision MA-BLR brouilleur, cela dans les conditions décrites au § 1.1.1.1 de la présente Annexe.

Des essais effectués ultérieurement aux Etats-Unis d'Amérique [Barnes et Miller, 1978] ont utilisé les directives de la Recommandation 600, à l'exception des conditions indiquées au § 1.1.1.2 de la présente Annexe.

Le Tableau XX résume les résultats de ces essais.

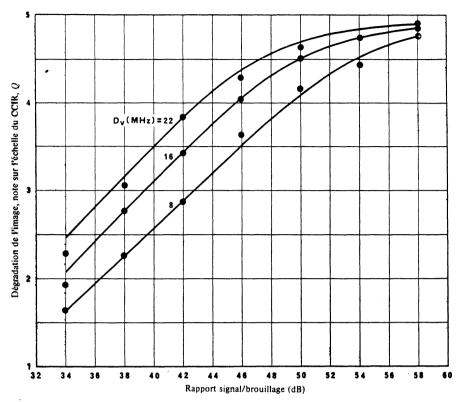


FIGURE 8 - Dégradation de l'image de télévision (signal MA-BLR) en fonction du niveau du signal MF brouilleur, pour différentes valeurs d'excursion crête-à-crête

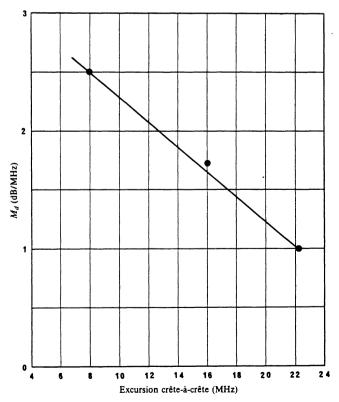


FIGURE 9 — Coefficient M_d en fonction de l'excursion crète-à-crète du signal brouilleur

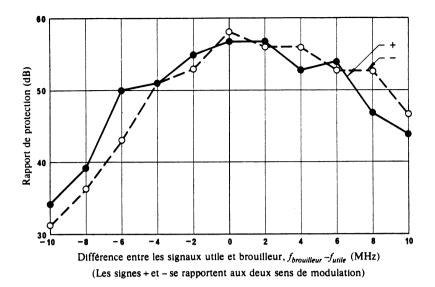


FIGURE 10 – Rapport de protection par rapport au décalage de fréquence pour le système G/PAL

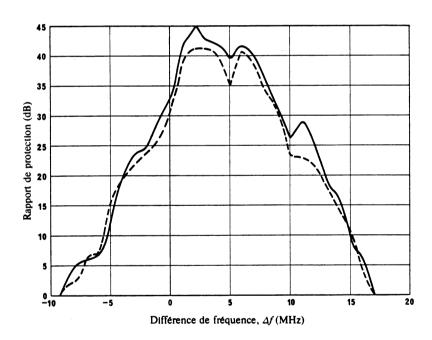


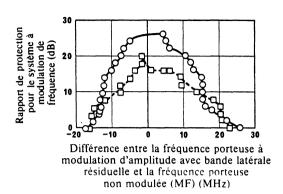
FIGURE 11 - Rapport de protection par rapport au décalage de fréquence

Signal utile: barres de couleur L/SECAM (niveau radiofréquence: 60 dB (µV/m))

Signal brouilleur: diapositive G/PAL, balayage synchronisé

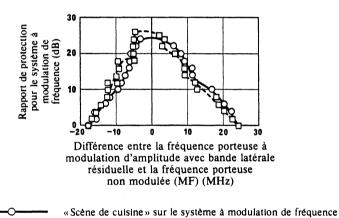
Courbe établie sans dispersion d'énergie du signal G/PAL

Courbe établie avec dispersion d'énergie (2 MHz) du signal G/PAL



Barres de couleur sur le système à modulation de fréquence
Programme reçu directement sur le système à modulation de fréquence

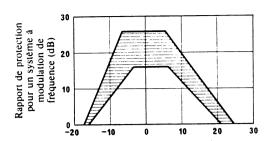
a) Barres de couleur et programme reçu directement dans le système à modulation de fréquence



— — Diapositive « jeune fille » sur le système à modulation de fréquence b) « Scène de cuisine» et diapositive « jeune fille » sur le système à modulation de fréquence

FIGURE 12 - Rapport de protection pour un système à modulation de fréquence en fonction du décalage des porteuses

 $\frac{(P_{MOY})_{MF}}{(P_{CR \ SYNC \ MOY}) \ _{MA-BLR}}$



Différence entre la fréquence porteuse à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle et la fréquence porteuse non modulée (MF) (MHz)

FIGURE 13 – Rapport de protection nécessaire pour que le brouillage soit juste perceptible dans un système de télévision à modulation de fréquence brouillé par un système de télévision à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle

 $\frac{(P_{MOY})_{MF}}{(P_{CR SYNC MOY})_{MA-BLR}}$

TABLEAU XX – Rapport de protection dans le même canal mesuré pour un brouillage juste perceptible avec, comme image utile, la diapositive d'essai SMPTE Nº 14 du système M/NTSC

Signal utile	Signal brouilleur	Rapport de protection dans le même canal (dB)
MF, excursion 12 MHz	MA-BLR	23(1)
MF, excursion 18 MHz	MA-BLR	19

(1) Moyenne pour des filtres de Tchebychev à quatre et six sections.

Pour une excursion de 18 MHz, le rapport de protection mesuré est de 4 dB inférieur à celui obtenu pour une excursion de 12 MHz. Cela tend à montrer que le rapport de protection entre un signal utile MF et un signal brouilleur MA diminue à raison de 20 log $(D_{\nu}/12)$, comme l'indique l'équation (1a) du présent Rapport.

2.2 Système K à 625 lignes (SECAM)

Des mesures effectuées en URSS [CCIR, 1970-74c] ont permis de déterminer les rapports de protection de signaux MF monochromes et en couleur contre les brouillages par des signaux d'ondes entretenues CW, MA-BLR et MF. Afin de faciliter la comparaison entre les résultats des mesures portant sur le système K, nous avons présenté ces résultats séparément au § 5 de cette Annexe.

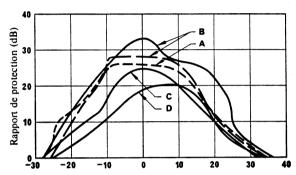
3. Brouillage entre deux signaux de télévision MF

Le Rapport 449 contient des résultats de mesure du brouillage entre des signaux de télévision à modulation de fréquence tels qu'ils sont utilisés dans le service fixe par satellite et le service fixe de Terre. D'autres évaluations relatives au service de radiodiffusion par satellite sont indiquées ci-après.

3.1 Système M/NTSC à 525 lignes

3.1.1 Essais effectués aux Etats-Unis d'Amérique sur deux signaux à modulation de fréquence décalés

On a fait, aux Etats-Unis, des essais avec deux signaux à modulation de fréquence transmis avec des décalages de fréquences porteuses compris entre -30 MHz et +36 MHz, au moyen d'un dispositif d'expérimentation analogue à celui qui est décrit au § 1.1.1.2 de cette Annexe. Pour évaluer le brouillage, un observateur expert étudiait le signal image à la sortie d'un récepteur de télévision à modulation de fréquence réglé sur le signal utile; il s'agissait de relever un brouillage juste perceptible pour un rapport signal image/bruit pondéré de 50 dB. La largeur de bande du récepteur MF était de 30 MHz. La Fig. 14 représente la variation des valeurs mesurées du rapport de protection en fonction du décalage des fréquences porteuses, dans le cas suivant: programmes reçus directement pour le signal brouilleur et plusieurs programmes différents pour le signal utile. Ces courbes montrent qu'un programme reçu directement, contenant des images d'objets en mouvement, est moins sensible au brouillage que des images fixes contenant de grandes plages de couleur uniforme.



Différence entre la fréquence porteuse non modulée (système brouilleur) et la fréquence porteuse non modulée (système utile) (MHz)

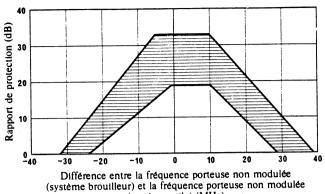
	Système utile	Système brouilleur
Excursion crête-à-crête	18 MHz	18 MHz
Rapport signal/bruit (pondéré) Préaccentuation et désaccentuation	50 dB néant	néant

Courbe	Combinaison des programmes				
Courbe	signal utile	signal brouilleur			
A B	fenêtre blanche barres de couleur	reçu directement			
C D	scène de cuisine reçu directement	reçu directement reçu directement			

FIGURE 14 – Rapport de protection pour que le brouillage soit juste perceptible dans un système de télévision à modulation de fréquence brouillé par un autre système de télévision à modulation de fréquence

$$R_{MF/MF} = \frac{(P_{MOY})_{MF} \text{ (utile)}}{(P_{MOY})_{MF} \text{ (brouilleur)}}$$

La zone hachurée de la Fig. 15 contient les différentes valeurs mesurées du rapport de protection. Si l'on veut empêcher que des images fixes et des images animées produisent un brouillage perceptible, il convient de choisir un rapport de protection qui dépasse la limite supérieure de la zone hachurée.



(système utile) (MHz)

FIGURE 15 - Rapport de protection pour que le brouillage soit juste perceptible dans un système de télévision à modulation de fréquence brouillé par des signaux de télévision à modulation de fréquence

:	Système utile	Système brouilleur
Excursion crête-à-crête	18 MHz 50 dB	18 MHz
Rapport signal/bruit (pondéré) Préaccentuation et désaccentuation	néant	néant

Dans des mesures plus récentes du rapport de protection effectuées aux Etats-Unis, pour deux signaux de télévision modulés en fréquence [Barnes et Miller, 1978], on a appliqué les dispositions de la Recommandation 600, sauf indications contraires données au § 1.1.1.2 de la présente Annexe. Les résultats de ces mesures sont consignés dans la Fig. 16 et le Tableau XXI.

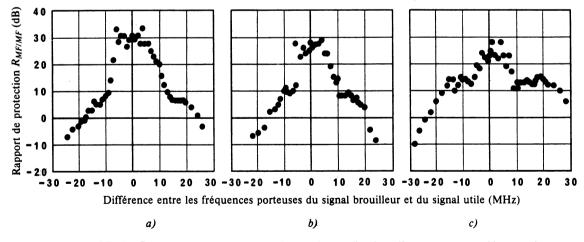


FIGURE 16 - Rapports de protection mesurés en présence d'un brouillage juste perceptible entre deux systèmes de télévision MF

	Excursion MF crête-à-crête (MHz)	Nombre de sections du filtre
a)	12	4
b)	12	6
c)	18	6

R 634-4 601

TABLEAU XXI	- I	Valeurs mesurées du rapport de protection dans le même canal, pour un brouillage juste perceptibl	le.
		Système M/NTSC. Image utile: diapositive SMPTE № 14	

Signal utile	Signal brouilleur	Rapport de protection dans le même canal (dB)
MF, excursion 12 MHz	MF, excursion 12 MHz	31(1)
MF, excursion 18 MHz	MF, excursion 18 MHz	28

(1) Moyenne pour des filtres Tchebytchev à quatre et six sections.

Les rapports de protection dans le même canal, mesurés pour le brouillage entre deux signaux de télévision MF concordent presque entièrement avec des extrapolations antérieures jusqu'aux conditions du cas de référence, et démontrent ainsi la justesse de ces extrapolations. De même, la diminution du rapport de protection MF d'une quantité d'environ 20 $\log (D_{\nu}/12)$, comme indiqué dans l'équation (1a) de la partie principale du présent Rapport, est confirmée par les mesures.

Les Fig. 16a) et 16b) montrent qu'en décalant la porteuse brouilleuse de 10 à 12 MHz, on peut diminuer le rapport de protection de 15 dB. On obtient ainsi une meilleure qualité de fonctionnement que celle illustrée par la Fig. 1a) de la partie principale du présent Rapport.

3.1.2 Essais effectués au Canada sur deux signaux à modulation de fréquence décalés

On a effectué au Canada [CCIR, 1978-82d] des mesures pour déterminer le rapport de protection entre deux signaux de télévision MF du système M/NTSC à 525 lignes. Les conditions expérimentales étaient celles indiquées dans la Recommandation 600. Certains des caractéristiques et paramètres les plus importants utilisés pour ces mesures étaient les suivants:

- application de la méthode de comparaison, la dégradation du signal de référence étant fixée sur la base de l'échelle de dégradation à 5 notes (voir la Recommandation 500) sur la base des résultats TASO relatifs à la dégradation due au bruit aléatoire;
- le signal utile était fourni par les diapositives Nos 1 et 14 de la SMPTE;
- le signal brouilleur était constitué par des barres de couleur à champ divisé;
- 15 observateurs: experts et non experts;
- on n'employait pas de sous-porteuse son;
- pas de dispersion d'énergie;
- application d'une préaccentuation conforme à la Recommandation 401 pour le système M/NTSC.

On trouvera ci-après un résumé des résultats les plus importants fournis par ces mesures du rapport de protection dans un même canal:

- la variation du rapport de protection avec l'excursion de fréquence et le niveau de dégradation était en bon accord avec l'équation (1);
- dans l'intervalle 42-50 dB, la variation du rapport signal utile/bruit pondéré, avec un niveau de dégradation constant (4,5), n'a mis en évidence aucun effet de masquage du brouillage par le bruit aléatoire. En fait, les résultats montrent que pour une faible valeur du rapport signal/bruit, le rapport de protection a tendance à augmenter afin de maintenir le signal à un niveau de dégradation constant;
- pendant l'exécution du programme de mesures, il est apparu que la note de dégradation 4,5, découlant des résultats TASO, n'équivalait pas à un brouillage juste perceptible; d'autres essais, avec brouillage juste perceptible, ont donné des rapports de protection supérieurs de 5,4 à 8,8 dB aux valeurs obtenues pour la note TASO 4,5.

La Fig. 17 donne les résultats de mesures avec décalage de fréquence, effectuées avec un filtre de réception FI à 3 pôles, pour un niveau de dégradation de 4,5, ajusté de 8,8 dB pour obtenir un brouillage juste perceptible.

Cette figure montre que le rapport de protection est très sensible aux effets des décalages de fréquences égaux à des multiples de la fréquence de la sous-porteuse couleur.

D'autres mesures, faites avec un filtre de réception à 4 pôles, ont donné pour le rapport de protection des valeurs inférieures à celles indiquées dans la Fig. 17 pour le même décalage de fréquence.



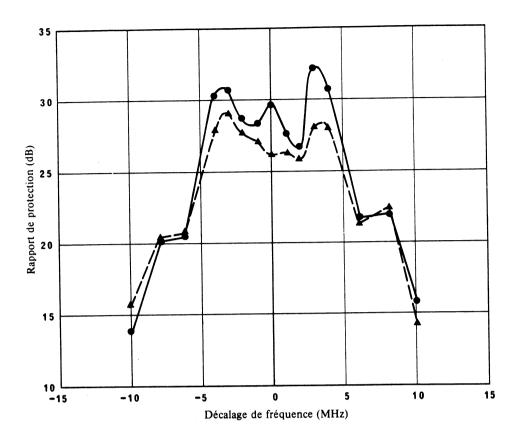


FIGURE 17 – Rapport de protection en fonction du décalage de fréquence, avec un filtre FI à 3 pôles (excursion crête-à-crête: 8,4 MHz)

: diapositive d'essai SMPTE Nº 1

3.1.3 Essais effectués au Japon sur des signaux à modulation de fréquence de systèmes différents

Dans une étude faite au Japon [CCIR, 1974-78a], on a mesuré les rapports de protection dans le même canal entre deux signaux de télévision MF du système M à 525 lignes, et entre un signal MF à 525 lignes et un signal MF à 625 lignes, dans les conditions suivantes:

- polarité de la modulation de fréquence: cette polarité est telle que la fréquence du noir est inférieure à celle du blanc;
- largeurs de bandes de réception: 23 MHz pour le signal M/NTSC à 525 lignes et 27 MHz pour les signaux PAL et SECAM à 625 lignes;
- excursions de fréquence crête-à-crête des signaux d'image: 12 MHz pour le système à 525 lignes,
 13 MHz pour le système à 625 lignes;
- sous-porteuse son: trois cas différents pour le système M à 525 lignes (pas de sous-porteuse, ou
 4,5 MHz, ou 4,5 et 5,05 MHz); pas de sous-porteuse son pour les systèmes à 625 lignes;
- caractéristiques de préaccentuation du signal d'image: ce sont les caractéristiques indiquées dans la Recommandation 405 pour le système M. On a utilisé le même circuit pour le système à 625 lignes, car on n'en disposait pas d'autres au moment des mesures;
- la valeur du rapport de protection considérée dans ce document correspond à un brouillage juste perceptible, défini de la façon suivante: rapport de puissance porteuse/brouillage à l'entrée du récepteur, lorsque 50% des observateurs donnent la note 4 et les autres la note 5;

- la diapositive N° 14 de la SMPTE est utilisée pour le signal utile et la diapositive N° 1 pour le signal brouilleur;
- rapport de la distance d'observation à la hauteur de l'image: 6;
- nombre d'observateurs: 45, dont 22 experts.

Le Tableau XXII donne la valeur du rapport de protection pour un brouillage juste perceptible, défini comme suit: rapport de puissance porteuse/brouillage à l'entrée du récepteur, lorsque 50% des observateurs donnent la note 4 et 50% la note 5.

On peut conclure de ce tableau qu'il n'y a pas de différence notable entre les rapports de protection, pour des systèmes utilisant des normes de télévision différentes. D'après les mesures décrites dans le doc. [CCIR, 1974-78b], on peut conclure que la présence d'une ou de deux sous-porteuses son a une influence négligeable sur le rapport de protection.

TABLEAU XXII - Rapports de protection dans le même canal (dB) mesurés entre deux signaux de télévision MF

				Signal utile		
			525 lignes Système M/NTSC	625 lignes Système L/SECAM	625 lignes Système I/PAL	
Signal brouilleur	1	Excursion crête-à-crête du signal vidéo (MHz)	12	13	13	
Système M/NTSC	12	sans préaccentuation	31,5	32	32	
à 525 lignes	12	avec préaccentuation	31,5	31(1)	31,5(1)	
Système L/SECAM		sans préaccentuation	31,5			
à 625 lignes	13	avec préaccentuation	29,5(1)			
Système B, G/PAL	1,2	sans préaccentuation	30,5			
à 625 lignes	13	avec préaccentuation	29,0(1)			

⁽¹⁾ Valeurs données à titres de référence, car on a utilisé le réseau de préaccentuation uniquement pour le système M.

3.1.4 Essais effectués au Japon sur deux signaux à modulation de fréquence

On a effectué au Japon [CCIR, 1978-82e] des essais pour déterminer le brouillage entre deux signaux de télévision MF dans des conditions correspondant à l'observation de la qualité des images en studio; dans ces essais, on a adopté la valeur 1-1,5 pour le rapport de la distance d'observation à la hauteur de l'image, ce qui représente une distance d'observation plus petite que celle indiquée dans la Recommandation 600. On a ainsi obtenu un rapport de protection de 38 dB pour un brouillage juste perceptible.

Les caractéristiques des signaux de télévision MF étaient les suivantes:

- excursion sous l'effet du signal vidéo à 525 lignes: 12 MHz de crête-à-crête;
- préaccentuation: Recommandation 405;
- excursion pour la dispersion d'énergie: 600 kHz;
- excursion de la sous-porteuse son de 4,5 MHz: ± 1 MHz.

3.1.5 Essais d'évaluation du rapport de protection en fonction de la note de dégradation

Des mesures effectuées aux Etats-Unis [CCIR, 1978-82f] ont permis d'examiner la variation du rapport de protection en fonction de la note de dégradation. Les évaluations subjectives de la dégradation ont été effectuées pour un brouillage causé à un système à modulation de fréquence par un autre système de télévision à modulation de fréquence. Les conditions des essais étaient les suivantes:



Signal utile

Fréquence porteuse modulée avec signaux couleur système M/NTSC, avec préaccentuation conformément à la Recommandation 405. Sous-porteuse son modulée en fréquence à 7,4 MHz. Excursion de fréquence crête-à-crête de 12 MHz (blanc au niveau de la crête de synchronisation), le blanc produisant la fréquence la plus élevée. Pas de dispersion d'énergie. Quatre diapositives d'essais (SMPTE N°s 1 et 14 et Philips N° 8 et N° 14) ont fourni les signaux d'image. Rapport signal image/bruit, 42 dB non pondéré.

Signal brouilleur

Même chose que pour le signal utile sauf que l'image représentait des objets en mouvement. Synchronisation verrouillée sur l'image utile mais déplacée de sorte que les barres de synchronisation verticale et horizontale se trouvent dans la porteuse visible de l'image utile. Sous-porteuses son à 7,6 MHz. Les essais ont été effectués dans le même canal, le signal brouilleur ayant la même fréquence que le signal utile

Conditions d'observation

Ecrans de contrôle de qualité commerciale de 64 cm (mesurés en diagonale). Distance d'observation égale à cinq fois la hauteur de l'image. Commande de la brillance de l'image et de l'éclairage de la pièce. 147 observateurs non experts ont participé aux essais. Les évaluations ont été faites selon l'échelle de dégradation à cinq notes recommandée dans la Recommandation 500.

Les résultats des essais sont présentés dans la Fig. 18. La courbe montre que, pour la catégorie d'observateurs ayant participé à ces essais, une augmentation de la valeur du rapport porteuse/brouillage (C/I) au-delà de 25 dB ne donne qu'une très faible amélioration de la note moyenne de dégradation. La note moyenne de dégradation obtenue pour les scènes d'essais sans brouillage a pu être limitée par le rapport signal/bruit vidéo utilisé pendant les essais.

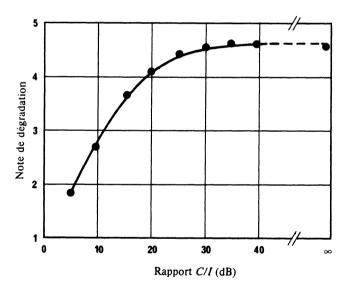


FIGURE 18 – Note de dégradation en fonction du rapport porteuse/brouillage (C/I)

Moyenne des données pour: 4 diapositives 147 observateurs

3.1.6 Mesures effectuées au Canada

En préparation de la CARR SAT-83, des mesures faites au Canada ont porté sur différents aspects du brouillage entre des signaux de télévision à modulation de fréquence de système M/NTSC. Ces essais ont été effectués avec une excursion de 9,52 MHz/V et un filtre de prédétection dans le récepteur ayant une largeur de bande de bruit équivalente de 22,7 MHz (du type Tchebytchev à 4 pôles). Une préaccentuation conforme à la Recommandation 405 a été utilisée. Les diapositives utilisées pendant les essais pour le signal utile étaient trois des quatre diapositives suggérées dans la Recommandation 600: jeune fille en robe verte, panier de fruits et scène de plage. Les signaux brouilleurs utilisés étaient des programmes diffusés non synchronisés.

Les procédures d'essai étaient conformes aux Recommandations 500-2 et 600. Vingt-sept observateurs concernés ont eu des temps d'observation de 15 s, séparés par 10 s de l'échelle des gris 50 IRE. On entend par observateur concerné quelqu'un qui a une connaissance relativement étendue des télécommunications par satellite, mais qui n'est pas un observateur expert. Parmi les vingt-sept observateurs qui ont subi l'essai à l'origine, deux ont donné des appréciations inutilisables qui n'ont pas été prises en considération dans l'analyse des résultats. L'échelle de dégradation à cinq notes du CCIR a été utilisée pendant toute la durée des essais.

3.1.6.1 Dégradation due au bruit

La Fig. 19 donne les résultats pour une image dégradée par le bruit MF thermique pour la moyenne des trois diapositives. Le haut niveau de note d'opinion pour l'image non dégradée (repère maximal pour un rapport S/N_w de 56 dB) indique que les résultats de l'essai n'ont pas été limités de manière significative par les appareils utilisés. La figure indique que le rapport S/N_w correspondant à une note d'opinion de 4,5 est de 47,3 dB.

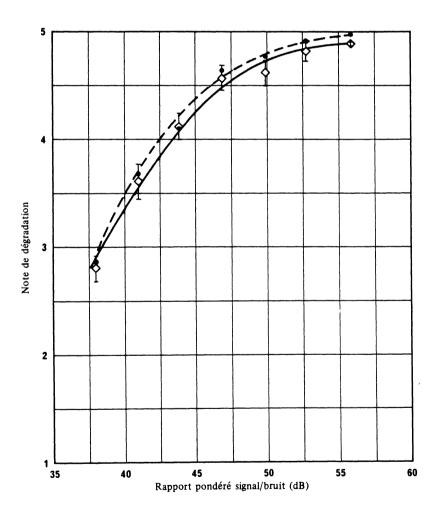


FIGURE 19 - Dégradation due au bruit (moyenne des 3 diapositives)

- Note moyenne des 3 diapositives
- Médiane des 3 diapositives

3.1.6.2 Dégradation due au brouillage dans le même canal

La Fig. 20 donne les résultats pour un brouillage unique dans le même canal. Le Tableau XXIII montre la relation entre la note d'opinion et le rapport C/I pour un brouillage unique dans le même canal.

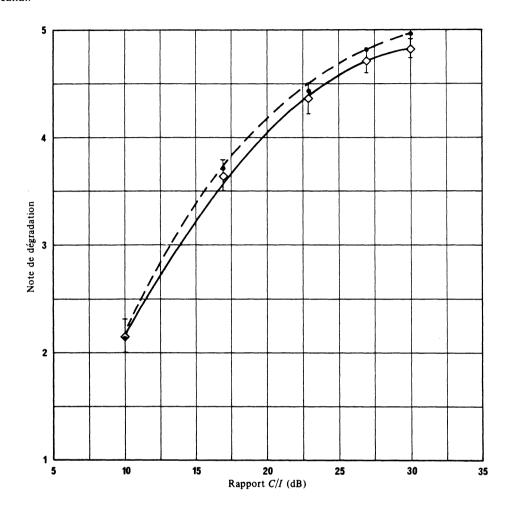


FIGURE 20 – Dégradation due à un brouillage unique dans le même canal (moyenne des 3 diapositives)

- Note moyenne des 3 diapositives
- Médiane des 3 diapositives

TABLEAU XXIII - Relation entre la note d'opinion et le rapport moyen C/I pour un brouillage unique dans le même canal pour la moyenne des trois diapositives

Note d'opinion	Rapport C/I pour un brouillage unique dans le même canal (dB)
4,3	22,2
4,5	24,2
4,7	26,8
4,8	29,0

Une série d'essais utilisant une excursion crête-à-crête de 19,04 MHz a fait apparaître que, pour une large gamme de notes d'opinion, la caractéristique du rapport de protection diminue comme le carré de l'excursion crête-à-crête, vérifiant ainsi le facteur de normalisation en termes d'excursion de la porteuse des équations (1a) et (1b) du présent Rapport.

Les essais subjectifs effectués sur le brouillage composite dans le même canal ont montré que la loi d'addition des puissances des brouilleurs n'est pas vérifiée dans tous les cas. On a constaté que le niveau de dégradation produit par trois brouilleurs de puissance égale pouvait être obtenu à partir d'un seul brouilleur plus puissant de 3 à 5 dB avec une moyenne de 3,8 dB pour les notes de dégradation entre 4 et 5. L'addition des puissances aurait donné 4,8 dB. Toutefois, la loi d'addition des puissances est censée être représentative au cas de brouillage le plus défavorable pour plusieurs porteuses brouilleuses.

3.1.6.3 Dégradation due au brouillage par les canaux adjacents

On a procédé à des essais sur l'effet du brouillage composite provenant de deux canaux adjacents, l'un inférieur et l'autre supérieur. Cet arrangement des porteuses a été répété pour un espacement de 13 MHz et de 15 MHz. La Fig. 21 donne les résultats des essais effectués sur le brouillage composite par les canaux adjacents pour un espacement de 15 MHz.

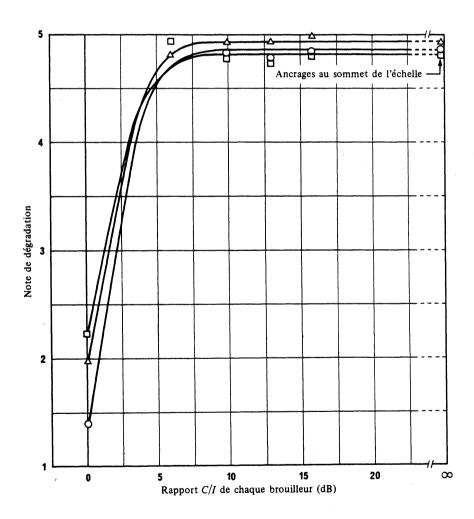


FIGURE 21 – Dégradation due à un brouillage composite par les canaux adjacents pour chaque diapositive. Deux canaux adjacents sont présents (101) un canal supérieur et un canal inférieur, séparés de 15 MHz de la porteuse utile

- O Diapositive 1
- △ Diapositive 2
- ☐ Diapositive 3

La figure montre que la note d'opinion reste voisine du niveau exempt de dégradation pour des valeurs élevées du rapport C/I mais qu'elle diminue rapidement pour de faibles valeurs de ce rapport. Cette diminution subite de la note d'opinion pour le brouillage par les canaux adjacents indique la nécessité de conserver dans un système en exploitation un rapport C/I supérieur au «seuil critique».

3.1.6.4 Brouillage composite (brouillage par les canaux adjacents et brouillage dans le même canal)

Des essais ont été effectués sur les dispositions de porteuses * 121 et 111 dans lesquelles le rapport des puissances entre chaque signal brouilleur dans le même canal et chaque signal brouilleur dans les canaux adjacents a été maintenu à une valeur constante de 17 dB pour toute la gamme des rapports C/I étudiés, avec un espacement entre les porteuses de 15 MHz.

La Fig. 22 donne les résultats pour la diapositive 1, «jeune fille en robe verte» et pour la disposition de porteuses 121. Des résultats similaires ont été obtenus pour l'autre disposition de porteuses et les deux autres diapositives. La figure montre aussi à des fins de comparaison, le brouillage par les canaux adjacents seulement et le brouillage dans le même canal seulement.

La figure montre que pour un rapport élevé C/I, la note d'opinion est principalement fonction du brouillage dans le même canal et que, pour un faible rapport C/I, la note d'opinion est fonction du brouillage par les canaux adjacents. La transition entre les deux types de brouillage se produit à proximité du «seuil critique» du brouillage par les canaux adjacents, entre 6 et 8 dB pour un espacement entre les porteuses de 15 MHz.

3.1.7 Mesures effectuées aux Etats-Unis d'Amérique

Des mesures ont été faites aux Etats-Unis d'Amérique, dans le cadre des préparatifs de la CARR SAT-83, portant sur divers aspects de brouillage entre signaux de télévision modulés en fréquence de système M/NTSC. Les essais ont été généralement conformes aux Recommandations 600 et 500-2. Les essais ont été faits dans deux laboratoires distincts employant chacun des caractéristiques de système et des procédures légèrement différentes. Des précisions sur les mesures ont été données par les deux laboratoires dans [CCIR, 1982-86a]. Les différences sensibles ont été identifiées chaque fois qu'il y avait lieu. Les caractéristiques communes aux deux séries de mesures étaient les suivantes: excursion crête-à-crête de 12 MHz/V, distance d'observation de cinq fois la hauteur de l'image, utilisation de diapositives d'essai critiques pour le signal utile, emploi de programmes sur bande vidéo pour le signal brouilleur, et verrouillage des barres de synchronisation horizontales ou verticales du signal brouilleur sur la portion vidéo du signal utile. L'échelle de dégradation du CCIR à cinq notes a été utilisée pendant toute la durée des essais. La préaccentuation et la désaccentuation ont été utilisées conformément à la Recommandation 405.

3.1.7.1 Dégradation due au bruit

La Fig. 23 montre les résultats des évaluations subjectives de la dégradation en fonction du rapport S/N, sans brouillage. Il existe une relation simple entre la dégradation et le rapport S/N. Une augmentation de 6 dB du rapport S/N se traduit par une augmentation d'un échelon de dégradation environ dans la plage des rapports signal/bruit pondérés allant de 28 à 52 dB, en tenant compte à la fois des effets du bruit et de la préaccentuation/désaccentuation. Pour une note de dégradation de 4,5, la Fig. 23 indique une valeur du rapport signal/bruit pondéré d'environ 49 dB.

3.1.7.2 Dégradation due au brouillage dans le même canal

Les résultats des essais de brouillage dans le même canal sont donnés à la Fig. 24. Pour un taux de dégradation de 4,5, le rapport C/I nécessaire est d'environ 28 dB. Une faible amélioration de la qualité moyenne de dégradation est possible par un nouvel accroissement du rapport C/I. Des essais supplémentaires avec une excursion crête-à-crête de 16 MHz ont justifié le facteur de correction de $20 \log (D_{\nu}/12)$, où D_{ν} est l'excursion crête-à-crête de fréquence. Pour ces essais, on a utilisé un rapport signal/bruit pondéré de 55 dB, en tenant compte à la fois des effets du bruit et de la préaccentuation/désaccentuation.

^{*} La disposition de porteuses XYZ signifie que X porteuses, Y porteuses et Z porteuses sont respectivement au-dessous du canal utile, dans ce canal et au-dessus.

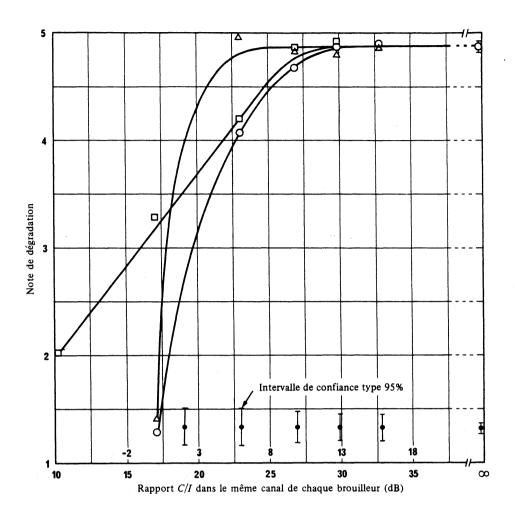


FIGURE 22 – Dégradation due au brouillage composite (brouillage par les canaux adjacents et brouillage dans le même canal)

(Disposition des porteuses 121, $\Delta f = 15$ MHz)

Diapositive 1: jeune fille en robe verte

□ 020 : deux brouilleurs dans le même canal

Δ 101: un brouilleur dans chaque canal adjacent (canal adjacent supérieur et canal adjacent inférieur)

O 121: deux brouilleurs dans le même canal et un brouilleur dans chaque canal adjacent

Note. - L'échelle horizontale supérieure sur la figure se réfère au canal adjacent.

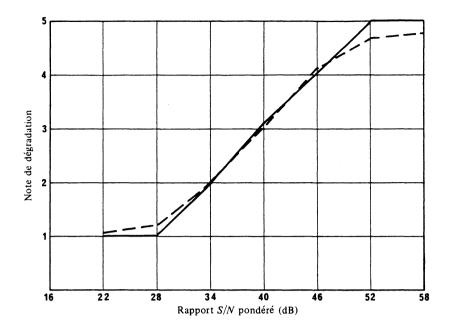


FIGURE 23 – Dégradation due seulement au bruit pour les systèmes M/NTSC (Aucun brouillage, aucune sous-porteuse)

Dégradation médianeDégradation moyenne

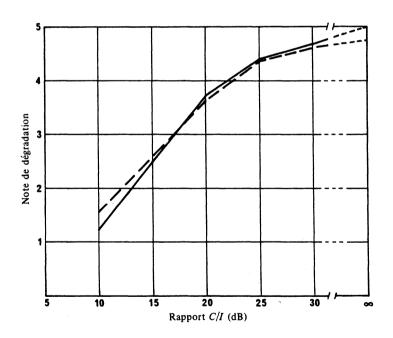


FIGURE 24 - Dégradation due à un brouillage unique dans le même canal

 $\Delta f = 12 \text{ MHz crête-à-crête}$

S/N = 55 dB (pondéré)

C/N = 23.8 dB

_____ Dégradation médiane

___ Dégradation moyenne

R 634-4 611

On a procédé à des essais sur les rapports de protection mesurés pour des sources multiples de télévision MF dans le même canal qui brouillaient un système de télévision MF unique. Ces résultats indiquent que les sources multiples de brouillage dans le même canal s'additionnent en termes de puissance. Pour cette raison, l'effet subjectif de ces brouilleurs multiples est équivalent à celui d'un brouilleur unique pour le même rapport global porteuse/brouillage, c'est-à-dire lorsque:

$$C/I_{unique} = C/I_{\Sigma \ multiple}$$

où:

 C/I_{unique} : rapport porteuse/brouillage pour un seul brouilleur

 $C/I_{\Sigma multiple}$: rapport global porteuse/brouillage pour plus d'un brouilleur

Les essais ont montré que sur une gamme de rapports porteuse/brouillage entre 10 et 25 dB, l'effet de brouillage global de deux et de quatre brouilleurs s'écarte respectivement de 0,5 et 0,75 dB au plus de l'addition des puissances.

3.1.7.3 Dégradation due au bruit et au brouillage

Lors du choix d'un échelon de dégradation approprié pour la planification du système, il est nécessaire d'examiner la dégradation combinée du bruit et du brouillage. Il est souhaitable de planifier des systèmes qui soient limités par le bruit plutôt que par le brouillage (c'est-à-dire que le bruit est l'élément de dégradation dominant de l'image reçue).

La Fig. 23 montre qu'en l'absence de brouillage, un rapport signal/bruit pondéré de 46 dB produit une dégradation moyenne de 4,1. La Fig. 24 montre l'effet du brouillage lorsque le bruit est pratiquement nul (un rapport signal/bruit pondéré de 55 dB a donné la meilleure image pouvant être obtenue dans les conditions de l'essai). Au rapport C/I de 28 dB, on a mesuré une dégradation moyenne de 4,5. La Fig. 25 montre l'effet combiné du bruit et du brouillage. A un rapport S/N de 46 dB (pondéré) et un rapport C/I de 28 dB, on a mesuré une dégradation moyenne de 4,0. La Fig. 25 montre que, pour des rapports C/I supérieurs à 28 dB, on ne peut obtenir qu'une très faible amélioration en matière de dégradation. Dans cette combinaison de bruit et de brouillage, c'est le bruit qui contribue le plus à l'aggravation de la dégradation.

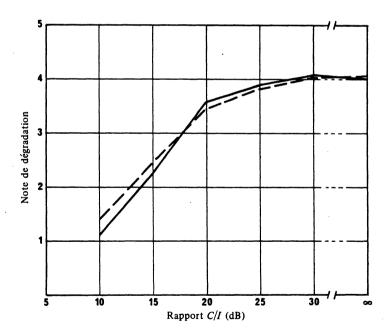


FIGURE 25 - Dégradation due à un brouillage unique dans le même canal

 $\Delta f = 12 \text{ MHz crête-à-crête}$

S/N = 46 dB (pondéré)

C/N = 14.8 dB

Dégradation médiane

--- Dégradation moyenne

612 R 634-4

L'Annexe II au Rapport 405 présente une «loi d'addition» pour dégradations non liées. Cette «loi» prévoit que, pour une dégradation de 4,1 par le bruit seul et une dégradation de 4,5 par le brouillage seul, la dégradation qui résulte de l'effet combiné du bruit et du brouillage serait de 3,8. Cette valeur prévue est quelque peu en deçà de la vérité si on se base sur la valeur mesurée 4,0 donnée dans la Fig. 25. Cependant, pour la planification des systèmes avec des rapports S/N autres que 46 dB (pondéré), la «loi d'addition» des dégradations procure une estimation raisonnable, quoique prudente, de la dégradation totale lorsqu'elle est utilisée avec les Fig. 23 et 24.

3.1.7.4 Dégradation due au brouillage par les canaux adjacents

Les Fig. 26, 27 et 28 montrent les résultats de mesures faites pour étudier l'effet global du brouillage par les canaux adjacents. A la fois les brouilleurs uniques et les brouilleurs multiples dans le canal adjacent ont été étudiés. Le filtre de réception était du type Tchebytchev à 4 pôles avec une largeur de bande de bruit équivalente de 22,5 MHz. L'espacement de canaux utilisé était de 13 MHz.

En ce qui concerne les taux de dégradation intéressants (4,0-4,5), l'effet de brouillage composite d'un brouilleur dans le canal adjacent inférieur et d'un brouilleur dans le canal adjacent supérieur (101) est aggravé de 2-3 dB par rapport à l'addition des puissances, lorsqu'on le compare aux courbes d'un brouilleur dans un seul canal adjacent. Dans le cas de deux brouilleurs dans le canal adjacent inférieur (200) et deux brouilleurs dans le canal adjacent supérieur (002), l'effet de brouillage global est aggravé respectivement de 3-4 dB et 5-6 dB par rapport à la loi d'addition des puissances*. Le Tableau XXIV présente des données pour chacune des sept conditions relatives aux niveaux de C/I globaux requis pour obtenir un échelon de dégradation spécifié.

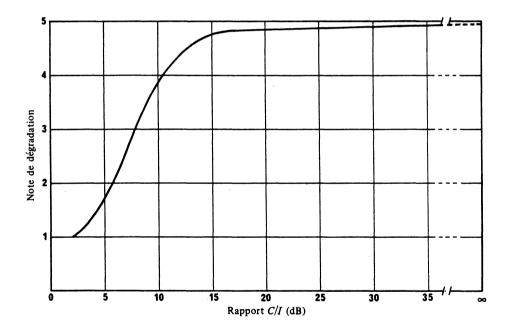


FIGURE 26 – Dégradation due à un brouillage unique par canal adjacent supérieur (001) espacé de 13 MHz par rapport à la porteuse utile

La disposition de porteuses XYZ signifie que X porteuses, Y porteuses et Z porteuses sont respectivement au-dessous, dans ce canal et au-dessus du canal utile.

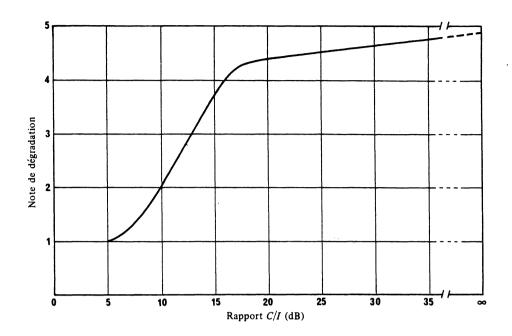


FIGURE 27 – Dégradation due à un brouillage composite par le canal adjacent. Deux brouilleurs dans le canal adjacent supérieur (002) décalés de 13 MHz par rapport à la porteuse utile

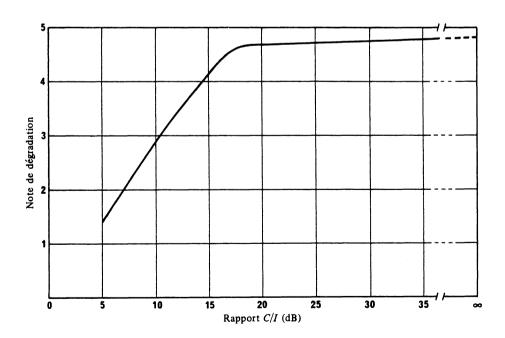


FIGURE 28 – Dégradation due au brouillage composite par les canaux adjacents. Un brouilleur dans le canal adjacent supérieur et un brouilleur dans le canal adjacent inférieur (101) décalés de 13 MHz par rapport à la porteuse utile

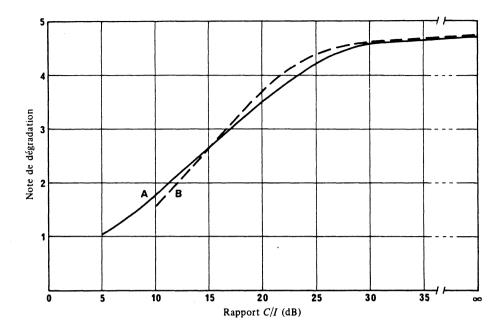


FIGURE 29 – Dégradation due à un brouillage unique dans le même canal

Courbes A: essais réalisés par le Lewis Research Center de la NASA

B: essais réalisés par les Laboratoires de la CBS

TABLEAU XXIV – Rapports C/I requis pour des niveaux de dégradation intéressant tous les cas (dB)

Q Cas	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50
001	9,0	9,7	10,5	11,7	13,0
100	10,0	11,0	11,75	12,8	13,9
002	14,5	15,3	16,3	17,1	19,0
200	13,0	14,0	15,0	16,0	17,8
101	12,4	13,3	14,4	15,4	16,8
010	19,7	21,4	23,1	25,3	28,7
111	22,7	24,1	25,5	27,5	31,0

3.1.7.5 Brouillage composite (brouillage par les canaux adjacents et brouillage dans le même canal)

Les effets combinés du brouillage par les canaux adjacents et dans le même canal (111) ont été examinés et les résultats sont présentés sur la Fig. 30. Les niveaux relatifs étaient réglés de telle façon que l'effet du brouillage dans le même canal et par les canaux adjacents soit approximativement égal à une dégradation comprise entre 4 et 4,5. Chaque source de brouillage des canaux adjacents était réglée à 6 dB au-dessus de la source de brouillage dans le même canal, de sorte que le brouillage composite par les deux canaux adjacents était supérieur de 9 dB au brouillage dans le même canal. En examinant les Fig. 28 et 29, on constate une différence de 8 à 10 dB entre les valeurs du C/I composite, pour des dégradations comprises entre 4,0 et 4,5. On a donc choisi une valeur de 9 dB comme différence relative entre le niveau de brouillage dans le même canal et le niveau de brouillage composite par les deux canaux adjacents pour le cas 111.

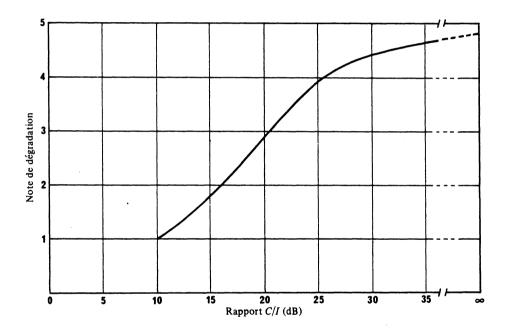


FIGURE 30 – Dégradation due à un brouillage composite (brouillage dans le même canal et brouillage par les canaux adjacents supérieur et inférieur (111)).

Brouilleurs dans les canaux adjacents décalés de 13 MHz par rapport à la porteuse utile

La Fig. 31 donne des courbes établies à partir des Fig. 28 à 30. Le cas 101, courbe C, a été réglé à 9 dB pour être en accord avec la condition pour laquelle le cas 111 était testé. Si les valeurs des cas 010 et 101 (courbes B et C) sont additionnées en puissance, le résultat (courbe D) se situera à 1 dB au maximum du cas 111 mesuré (courbe A). Pour des dégradations dépassant la note 4,0, la différence est inférieure à 0,5 dB. La courbe d'addition en puissance se situe à droite du cas 111 mesuré, ce qui indique que les résultats mesurés se combinent un peu en dessous de l'addition en puissance. On estime donc que le brouillage dans le même canal et le brouillage composite par les canaux adjacents s'ajoutent effectivement en puissance. Ce résultat est fondé sur l'hypothèse de contributions de brouillage égales par le brouillage dans le même canal et par le brouillage composite par les canaux adjacents.

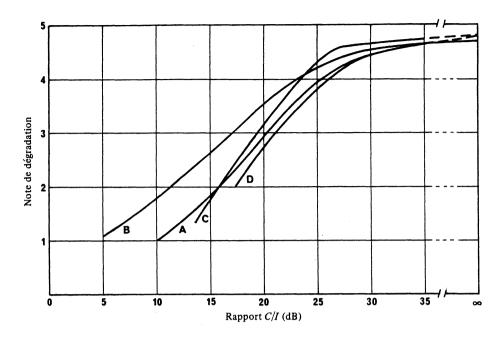


FIGURE 31 - Comparaison des effets des dégradations

Courbes A: mesurés (111)

B: mesurés (010) C: mesurés (101)

D: calculés par addition de puissance (010 + 101)

3.2 Systèmes à 625 lignes, B/PAL, G/PAL, I/PAL et L/SECAM

La BBC du Royaume-Uni a effectué des mesures du rapport de protection pour deux signaux de télévision à modulation de fréquence, avec la même excursion [Brown, 1971b]. Des mesures du même genre ont été faites en Italie par la RAI, en France par la TDF et en République fédérale d'Allemagne par l'IRT et le DBP. On trouvera un résumé des résultats de ces mesures [CCIR, 1974-78c] au § 3.1.5 et dans la courbe B de la Fig. 1a) du présent Rapport. Dans toutes ces mesures du rapport de protection, l'excursion de la sous-porteuse son modulant la porteuse principale était de ± 2,8 MHz. La fréquence de la sous-porteuse son avait les valeurs suivantes: 6 MHz pour le système I utilisé par la BBC, 5,5 MHz pour les systèmes B et G utilisés par la RAI, l'IRT et le DBP, enfin 7,5 MHz pour les mesures de TDF. Le gabarit du rapport de protection (courbe B de la Fig. 1a) est asymétrique par rapport à la fréquence centrale de la porteuse. Pour les exercices de planification, il serait souvent utile d'avoir la même valeur pour les rapports de protection relatifs au canal adjacent inférieur et au canal adjacent supérieur. En pareil cas, on peut adopter, à titre de compromis, les valeurs suivantes:

Ecartement des canaux (MHz)	16	18	20	22	24	26	28	30
Rapport de protection (dB)	20	16	13	10	7	4	2	0

Des renseignements plus détaillés figurent dans le doc. [CCIR, 1974-78c].

Dans leurs essais décrits ci-dessus, les diverses administrations employaient généralement un discriminateur classique (à circuit décalé ou à ligne à retard). Si on employait un discriminateur à boucle verrouillée en phase (PLL), le rapport de protection obtenu pourrait être quelque peu différent. Des mesures faites en France [CCIR, 1978-82g] montrent que, par rapport à l'emploi d'un discriminateur classique, celui d'un discriminateur PLL:

- ne change pas le rapport de protection dans le cas d'un brouillage dans le même canal;
- permet de diminuer de 5 dB le rapport de protection dans le cas d'un brouillage par canaux adjacents, pour des décalages de fréquence compris entre 12 et 20 MHz;
- augmente le rapport de protection pour des décalages de fréquence compris entre 24 et 30 MHz.

Dans ces essais, on n'employait pas de sous-porteuse son ni de forme d'onde à dispersion d'énergie.

Il faudra poursuivre les études avec un grand nombre de discriminateurs PLL si l'on veut confirmer ces résultats et en obtenir d'autres avec des décalages de fréquence plus grands.

617

3.3 Rapport de protection dans le même canal entre porteuses son modulées en fréquence avec grande excursion

R 634-4

Dans le service de radiodiffusion par satellite, il peut y avoir intérêt à utiliser une porteuse distincte, au lieu d'une sous-porteuse, pour transmettre le son de la télévision. En pareil cas, on peut être amené à appliquer une excursion d'environ \pm 300 kHz [CCIR, 1970-74d]. Il est donc important de connaître le rapport de protection dans le même canal pour de tels signaux et de trouver la valeur minimale possible de l'écart entre ces porteuses pour le cas où plusieurs de celles-ci seraient groupées dans une partie du spectre des fréquences.

La BBC a effectué des mesures objectives de brouillage entre deux signaux son modulés en fréquence. Le signal brouilleur était modulé par une sinusoïde de 1 kHz avec une excursion crête de ± 300 kHz; le rapport signal/bruit correspondant du signal son utile a été mesuré à l'aide d'un mesureur de bruit du type Niese modifié (dans le cas des mesures de bruit, cet appareil indique le rapport de la valeur quadratique moyenne du signal à la valeur quadratique moyenne du bruit) et du réseau de pondération recommandé par le CCIR (Recommandation 468).

Pour un rapport signal/bruit de 50 dB, le rapport de protection dans un même canal ne dépassait pas 5 dB mais il dépend dans une certaine mesure de la différence de fréquence exacte entre les deux porteuses (dans une gamme d'environ \pm 200 kHz). Pour un rapport signal/bruit de 60 dB, le rapport de protection n'était pas supérieur à 15 dB. Les rapports de protection déterminés pour le signal son sont beaucoup plus faibles que pour le signal d'image.

D'autres essais ont été effectués pour trouver la valeur convenable de l'écart entre porteuses, c'est-à-dire entre les fréquences porteuses de deux canaux son adjacents. Comme dans le cas de signaux de télévision, on suppose que la largeur des canaux est suffisamment grande pour que le rapport de protection pour le canal adjacent soit égal à -6 dB. Dans ces conditions, les essais montrent que l'écart entre porteuses doit être d'environ 0.8 MHz.

- 4. Mesures du rapport de protection entre des signaux de télévision à modulation de fréquence et d'autres signaux
- 4.1 Brouillage causé à un signal de télévision MF
 - 4.1.1 Mesures du rapport de protection entre des signaux de télévision à modulation de fréquence, et des systèmes son multiplex modulés en fréquence

Dans les essais effectués par TDF [CCIR, 1974-78d], les caractéristiques de modulation étaient les suivantes:

Télévision à modulation de fréquence

- Multiplexage du signal d'image et d'une sous-porteuse son: 5,5 MHz
- Excursion crête-à-crête de la porteuse: 14 MHz/V
- Largeur de bande de bruit: 27 MHz
- Préaccentuation du signal d'image: Recommandation 405
- Excursion de la sous-porteuse: ± 75 kHz
- Préaccentuation du signal son: 50 μs
- Amplitude de la sous-porteuse: 230 mV.

Multiplex son MF

La porteuse est modulée par une bande de base MRF-MF construite à partir de 15 sous-porteuses, modulées chacune par un signal audiofréquence (excursion des sous-porteuses: ± 75 kHz; préaccentuation du signal audiofréquence: 50 µs).

La largeur de bande radioélectrique est de 27 MHz. Les excursions de la porteuse sous l'effet des différentes sous-porteuses sont telles qu'on obtient la même qualité pour tous les signaux audiofréquence. On a aussi étudié d'autres méthodes de transmission s'appliquant à un groupe de voies son [Mertens et autres, 1976].

4.1.2 Mesures du rapport de protection entre des signaux de télévision à modulation de fréquence et des signaux de téléphonie MRF-MF

On a effectué au Japon [CCIR, 1978-82e] des essais pour déterminer le brouillage entre des signaux de télévision à modulation de fréquence et des signaux de téléphonie MRF-MF dans des conditions correspondant à l'observation de la qualité des images en studio; dans ces essais, on a adopté la valeur 1-1,5 pour le rapport de la distance d'observation à la hauteur de l'image, ce qui représente une distance d'observation plus petite que celle indiquée dans la Recommandation 600.

Les caractéristiques du signal de télévision MF étaient celles indiquées au § 3.1.3 de cette Annexe et dans [CCIR, 1978-82e]. Pour des excursions efficaces de 270 et 800 kHz pour la tonalité d'essai, correspondant à 60 et 970 voies, les valeurs mesurées du rapport de protection pour un brouillage juste perceptible étaient respectivement de 35 et 32 dB.

618 R 634-4

4.1.3 Mesures des rapports de protection entre signaux de télévision à modulation de fréquence et signaux numériques (télévision et données)

On a effectué au Japon [CCIR, 1978-82e] des essais dans lesquels les conditions d'observation et les caractéristiques de modulation du signal de télévision MF (signal utile) étaient celles décrites au § 3.1.3 de cette Annexe, avec un signal brouilleur MDP-4 à 64 Mbit/s. Pour un brouillage juste perceptible, ces essais ont donné un rapport de protection (mesuré) de 25 dB.

Aux Etats-Unis d'Amérique [CCIR, 1978-82h; Barnes, 1979], on a mesuré les brouillages entre un signal de télévision MDP-4 et un signal de télévision MF. Il s'agissait de deux signaux du système M/NTSC. Les autres caractéristiques sont indiquées dans le Tableau XXV.

TABLEAU XXV - Caractéristiques de systèmes de télévision numérique et à modulation de fréquence

Système	Télévision numérique	Télévision à modulation de fréquence
Modulation	Codage différentiel modulateur MDP-4 démodulateur MDP-4 cohérent	Modulation de fréquence, excursion de 12 MHz crête-à-crête, avec préaccentuation et désaccentuation
Largeur de spectre des signaux (filtre d'émission)	45 MHz (filtre Tchebytcheff à 3 pôles et à faible ondulation)	20 MHz
Filtre du récepteur	33 MHz filtre elliptique égalisé à 5 pôles	21 MHz filtre de Tchebytcheff à 6 pôles et à faible ondulation
Son	Multiplexé dans le train de données	Sous-porteuse à 7,5 MHz, 25 dB au-dessous de la porteuse image
Sortie du système, rapport signal/bruit (non pondéré) (dB)	45(1)	50

⁽¹⁾ Mesuré subjectivement.

Dans ces mesures, un signal de télévision numérique MDP-4 brouillant un système de télévision MF entraînait une dégradation semblable à du bruit de l'image reçue et du signal de bande de base. Etant donné qu'il existe des méthodes de mesure pour décrire un signal de télévision dégradé par du bruit, l'effet des brouillages du système de télévision numérique sur un système télévision MF est décrit en fonction du rapport apparent signal de bande de base/bruit.

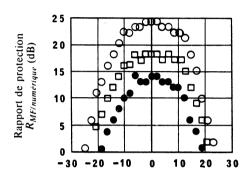
Le brouillage a ensuite été ajouté de manière à produire des rapports apparents signal de bande de base/bruit de 45, 40 et 35 décibels. On calcule le rapport puissance du signal de télévision MF utile/puissance du signal de télévision numérique brouilleur, pour un rapport apparent signal/bruit spécifique, $R_{ME/numérique}$, au moyen de la formule:

$$R_{FM/num\acute{e}rique} = \frac{P_{mov\,(FM,\,\,utile)}}{P_{mov\,\,(num\acute{e}rique,\,\,brouilleur)}} \tag{8}$$

Pour toutes les mesures, un niveau de bruit gaussien blanc était présent et s'ajoutait au signal brouilleur dans le canal de communication.

R 634-4 619

On trouvera à la Fig. 32 les résultats de mesures permettant de déterminer les rapports de protection pour une liaison de télévision MF avec des brouillages à modulation numérique. Les résultats obtenus montrent qu'il existe une relation directe entre le rapport de protection mesuré et le rapport apparent signal/bruit; les rapports de protection vont de 24 à 14 dB lorsque le rapport apparent varie entre 45 et 35 dB.



Différence entre les fréquences centrales des signaux utile et brouilleur (MHz)

FIGURE 32 – Rapport apparent signal de bande de base/bruit dans un système de télévision MF (non pondéré) pour des brouillages causés par des signaux numériques MDP-4

Brouillage provenant d'un système de télévision à 43 Mbit/s

○ : 45 dB
 □ : 40 dB
 ○ : 35 dB

Rapport apparent signal/bruit

Des mesures subjectives pour un signal de télévision à modulation de fréquence du système D/PAL soumis à des brouillages provoqués par des signaux numériques ont été effectuées en Chine [CCIR, 1982-86b]. Le signal brouilleur partageant la même bande de fréquences que le signal utile était une onde entretenue ou un signal MDP ou un signal MDA. Les essais furent effectués conformément aux Recommandations 500-2 et 600. Le groupe d'observateurs était constitué par huit spectateurs expérimentés. Deux images couleur, normalisées en Chine, furent utilisées pour les mesures subjectives et la moyenne des résultats des mesures fut calculée. L'évaluation donnée par les différents spectateurs est assez uniforme et présente une bonne reproductibilité.

Le rapport C/I donnant lieu à un brouillage juste perceptible est défini comme le rapport de protection contre les brouillages. Les résultats des mesures sont donnés aux Fig. 33 et 34 et montrent que le brouillage par une onde entretenue est le plus facilement perçu et que le rapport de protection pour l'image couleur est supérieur d'environ 1 dB à celui obtenu pour une image en noir et blanc, avec un décalage de fréquence nul entre la porteuse et le brouilleur. Au voisinage de 4,4 MHz, lorsque la fréquence centrale du signal brouilleur est proche de la fréquence de la sous-porteuse du signal de télévision couleur, apparaît une remontée de la courbe du rapport de protection. Le rapport de protection pour un brouillage provoqué par un signal MDP (8,448 Mbit/s) est inférieur d'environ 1 dB à celui obtenu avec un brouillage par signal MDP de 2,048 Mbit/s. Par rapport au brouillage provoqué par un signal MDP, le rapport de protection pour un signal MDA est généralement inférieur de 1 dB.



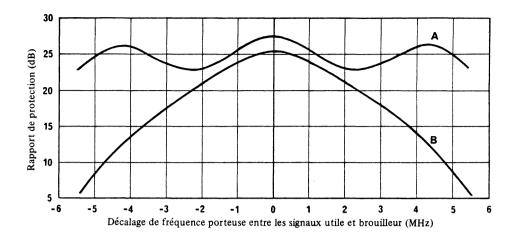


FIGURE 33 – Rapport de protection pour des brouillages juste perceptibles dans un système de télévision MF ($\Delta f = 8$ MHz, crête-à-crête) provoqués par un brouilleur à onde entretenue

Courbes A: image TV couleur
B: image TV monochrome

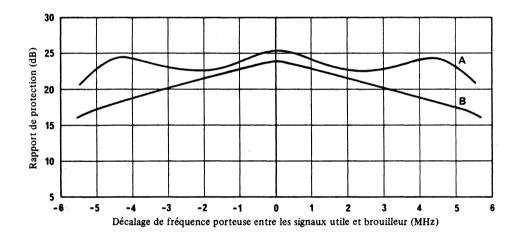


FIGURE 34 – Rapport de protection pour des brouillages juste perceptibles dans un système de télévision MF (Δf = 8 MHz, crête-à-crête) provoqués par un signal MDP à 2,048 Mbit/s

Courbes A: image TV couleur
B: image TV monochrome

4.2 Brouillage causé à des signaux de télévision à codage numérique

4.2.1 Mesures des rapports de protection entre des signaux de télévision à codage numérique et des signaux de télévision à modulation de fréquence

Dans des expériences faites aux Etats-Unis [CCIR, 1978-82h; Barnes, 1979] avec des signaux de télévision du système M/NTSC, on a mesuré le rapport de protection pour la télévision numérique, en présence d'un signal brouilleur analogique modulé en fréquence.

R 634-4 621

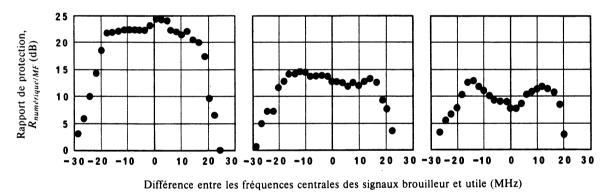
c) $E_b/N_0 = 40 \text{ dB}$

Par ailleurs, le système de télévision numérique utilisé dans ces mesures était un système à modulation par impulsions et codage (MIC) différentiel à une dimension, du quatrième ordre et intratrame, entraînant un débit binaire de 42,95 Mbit/s pour la transmission d'un signal de télévision (système M/NTSC) de haute qualité. Le signal de télévision codé a été émis à l'aide d'un modulateur MDP-4 à codage différentiel et reçu à l'aide d'un démodulateur cohérent MDP-4. Le système de télévision numérique utilisé ne comportait ni circuit de correction d'erreur ni circuit permettant de masquer les erreurs. Les caractéristiques des systèmes de télévision numérique et MF sont énumérées au Tableau XXV.

Un taux d'erreur binaire d'environ 1×10^{-8} dans le signal de télévision numérique codé entraînait des dégradations de courte durée de l'image, à raison d'une toutes les cinq secondes, en moyenne. Ce taux d'erreur entraînait des dégradations perceptibles mais non gênantes de l'image, de l'avis d'un expert. Pour une liaison de communication avec des rapports d'énergie par bit/densité spectrale de puissance de bruit (E_b/N_0) qui, en l'absence de tout brouillage, produisaient des taux d'erreur inférieurs à 1×10^{-8} , les brouillages des signaux de télévision MF ont été ajoutés de manière à porter le taux d'erreur à 1×10^{-8} . On a procédé à des mesures supplémentaires pour déterminer les rapports de protection qui entraînaient un taux d'erreur de 1×10^{-6} . Pour le taux d'erreur binaire spécifié, on calcule le rapport puissance du signal de télévision numérique utile/puissance du signal de télévision MF brouilleur, $R_{numérique/MF}$, au moyen de la formule:

$$R_{num\acute{e}rique'MF} = \frac{P_{moy\,(num\acute{e}rique,\,\,utile)}}{P_{moy\,(MF,\,\,brouilleur)}} \tag{9}$$

On trouvera à la Fig. 35 les rapports de protection mesurés pour le brouillage causé par un signal de télévision MF à un système de télévision numérique pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-8} dans le système numérique, et à la Fig. 36 pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-6} . Les rapports de protection sont indiqués pour trois valeurs du rapport E_b/N_0 sur la liaison. En l'absence de tout brouillage, $E_b/N_0 = 15,1$ dB entraîne un taux d'erreur d'environ 1×10^{-9} et $E_b/N_0 = 13,6$ dB un taux d'erreur d'environ 1×10^{-7} . Comme l'indique la figure, une faible augmentation de E_b/N_0 (de 15,1 à 18,1 dB pour un taux d'erreur de 1×10^{-8} , de 13,6 à 16,6 dB pour un taux d'erreur de 1×10^{-6}) entraîne une grande diminution des rapports de protection mesurés (de 9 à 10 dB). Une nouvelle augmentation notable de E_b/N_0 entraîne toutefois une réduction de 1 à 2 dB du rapport de protection mesuré.



a) $E_b/N_0 = 15.1 \, dB$

FIGURE 35 — Rapports de protection mesurés pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-8} dans un système de télévision numérique brouillé par un système de télévision MF

b) $E_b/N_0 = 18,1 \text{ dB}$

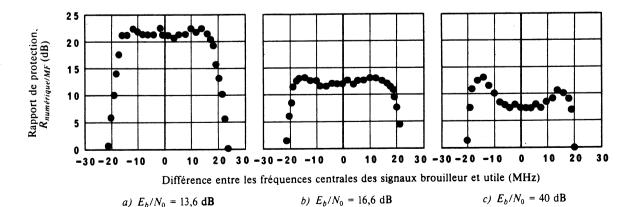


FIGURE 36 — Rapports de protection mesurés pour un taux d'erreur binaire de 1×10^{-6} dans un système de télévision numérique brouillé par un système de télévision MF

622 R 634-4

4.2.2 Mesures des rapports de protection entre des signaux de télévision à codage numérique et d'autres signaux à codage numérique (télévision et données)

Des mesures réalisées aux Etats-Unis d'Amérique pour des systèmes M/NTSC ont permis de déterminer les rapports de protection pour des signaux de télévision à codage numérique en présence de brouillages dus à des signaux de télévision à codage numérique et des données numériques.

Le système de télévision numérique «utile» utilisé pour ces mesures était le système MICD à 42,95 Mbit/s décrit au § 4.2.1 de la présente Annexe. Le système de télévision numérique brouilleur était à codage par transformée orthogonale à deux dimensions présentant un débit de 16,1 Mbit/s permettant la transmission d'un signal de télévision du système M/NTSC de haute qualité. Le signal de télévision codé était émis en utilisant une modulation MDP-4 à codage différentiel. Les données numériques transmises par le brouilleur étaient produites par un générateur de données pseudo-aléatoire. Ce signal numérique était modulé au moyen d'un modulateur à MDP-4 différentielle identique à celui qui avait été utilisé pour le brouilleur de télévision numérique. Pour cette partie des essais, un débit binaire de 16,1 Mbit/s appliqué au brouilleur était utilisé pour la transmission des données numériques. Les caractéristiques du signal de télévision numérique utile sont données au Tableau XXV. Les caractéristiques des systèmes brouilleurs (télévision numérique et données numériques) sont énumérées de la même manière au Tableau XXVI.

TABLEAU XXVI - Caractéristiques des signaux

Paramètre du système	TV numérique à 16 Mbit∕s	PRBS (¹)
Modulation	MDP-4-D (²)	MDP-4-D (²)
Largeur de bande du signal (filtre d'émission) (MHz)	25 (filtre de Tchebytchev à 5 pôles à faible ondulation)	Filtre transversal incorporé dans le modulateur
Filtre du récepteur (MHz)		(filtres de 13,4 Tchebytchev 19,0 à 5 pôles 30,1 à faible ondulation)
Débit binaire du signal (Mbit/s)	16,11	8,0 16,11 43,0

⁽¹⁾ PRBS: Séquence de bits pseudo-aléatoire.

Il est indiqué au § 4.2.1 de cette Annexe que, pour le système de télévision numérique utile, un taux d'erreur binaire de 1×10^{-8} entraînait des dégradations perceptibles mais non gênantes de l'image. Toutefois, afin de faciliter le processus de mesure, un taux d'erreur binaire de 2×10^{-8} a été utilisé pour la détermination des rapports de protection. Avec ce taux d'erreur binaire, il s'est produit une dégradation de l'image de courte durée par période de 2 s. On a constaté que les niveaux des rapports de protection étaient assez voisins (à moins d'1 dB près) de ceux obtenus avec un taux d'erreur binaire de 1×10^{-8} . Afin de pouvoir disposer d'une marge suffisante pour le brouillage, le rapport de contraste en énergie E_b/N_0 de la liaison de communication a été choisi de manière à obtenir un taux d'erreur binaire de 1×10^{-9} environ en l'absence de tout brouillage. Un rapport E_b/N_0 de 14,7 dB entraînait un taux d'erreur binaire de 1×10^{-9} environ.

⁽²⁾ MDP-4-D: MDP-4 différentielle.

La Fig. 37 montre que le brouillage provoqué à un système de télévision numérique MICD était (approximativement) identique, que le brouillage soit causé par le système de télévision numérique à 16,1 Mbit/s ou par le système à données pseudo-aléatoires. Le rapport de protection dans le même canal est d'environ 22 dB.

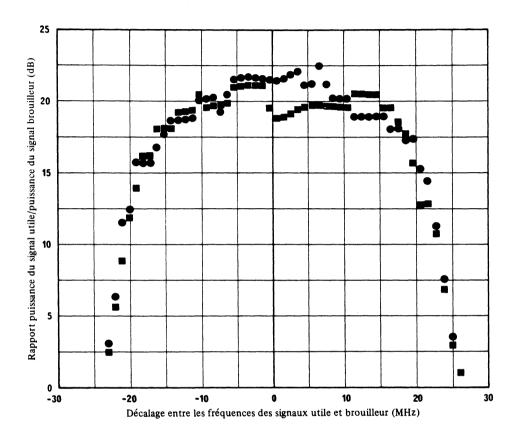


FIGURE 37 - Brouillage de la télévision numérique à 43 Mbit/s par des signaux à 16 Mbit/s

 $E_b/N_0 = 14,7 \text{ dB}$

 $TEB = 2 \times 10^{-8}$

Système brouilleur:

: télévision numérique à 16 Mbit/s

• : séquence pseudo-aléatoire à 16 Mbit/s

4.2.3 Mesures des rapports de protection entre des signaux de données à codage numérique et des signaux de télévision à codage numérique

Des expériences faites aux Etats-Unis d'Amérique comprenaient la mesure des rapports de protection pour des signaux de données modulés en MDP-4 différentielle en présence d'un brouillage provoqué par des signaux de télévision numérique.

Les systèmes numériques utilisés sont ceux qui sont décrits aux § 4.2.1 et 4.2.2 de cette Annexe. Le système utile produisait des données pseudo-aléatoires qui étaient modulées en MDP-4 différentielle à l'émission et reçues en utilisant un démodulateur cohérent MDP-4 suivi par un détecteur d'erreur. On a utilisé des débits de données du système utile de 43 et de 16,1 Mbit/s. Le brouilleur (télévision numérique) était constitué par le système MICD à 42,95 Mbit/s et le système à transformée orthogonale à 16,1 Mbit/s précédemment décrits.

Ces essais avaient pour objet de trouver les compromis entre les rapports de contraste en énergie (E_b/N_0) et les rapports porteuse/brouillage (C/I) pour un niveau donné de taux d'erreur binaire. De plus, on a déterminé l'importance de la largeur de bande relative entre le signal utile et le signal brouilleur pour des rapports C/I admissibles.

Le Tableau XXVII dresse la liste des niveaux du rapport de protection contre les brouillages dans le même canal dans le cas d'un brouillage par un signal de télévision numérique à 16 Mbit/s d'une séquence de bits pseudo-aléatoire de 43 Mbit/s. On a fait varier les conditions d'exploitation du signal utile en modifiant E_b/N_0 . Les valeurs de ce rapport pour lesquelles des mesures ont été faites sont de 13,3 dB, 16,3 dB et 40,0 dB ($E_b/N_0=13,3$ dB correspond à un taux d'erreur binaire dans le canal de 1×10^{-9} environ). Dans chacune de ces conditions d'exploitation, du brouillage a été ajouté jusqu'au moment où le niveau de qualité d'exploitation voulu (exprimé par le taux d'erreur binaire) pouvait être mesuré sur le détecteur d'erreur. Trois niveaux de qualité d'exploitation ont été utilisés à cette fin: 2×10^{-6} , 2×10^{-7} et 2×10^{-8} . Les données figurant sur le Tableau XXVII permettent d'observer deux tendances:

- pour un niveau de qualité d'exploitation donné (TEB de 2×10^{-8} , par exemple), lorsque la condition d'exploitation (E_b/N_0) s'améliore, le rapport de protection requis diminue;
- pour une condition d'exploitation spécifiée (par exemple, E_b/N_0 de 13,3 dB), la valeur du rapport de protection requis augmente à mesure que le niveau de qualité d'exploitation (TEB) approche de celle du taux d'erreur dans le canal.

Ces deux tendances sont le résultat du compromis qui existe dans les systèmes numériques entre bruit et brouillage. Plus les caractéristiques du canal sont bonnes (faible niveau de bruit, E_b/N_0 élevé), plus un niveau de brouillage élevé peut être toléré.

TABLEAU XXVII – Rapports de protection dans le même canal pour diverses valeurs du rapport E_b/N_0 et des niveaux de qualité (TEB)

Système utile: séquence de bits pseudo-aléatoire à 43 Mbit/s
Système brouilleur: télévision numérique à 16 Mbit/s

E_b/N_0	ТЕВ	Rapport de protection dans le même canal
13,3	2 × 10 ⁻⁶	15,5
16,3	2×10^{-6}	12,1
40,0	2×10^{-6}	9,3
13,3 16,3	2×10^{-7} 2×10^{-7}	18,0 14,0
40,0	2×10^{-7}	10,0
13,3	2 × 10 ⁻⁸	21,2
16,3	2×10^{-8}	14,8
40,0	2×10^{-8}	10,0

La Fig. 38 indique les valeurs du rapport de protection en fonction du décalage de fréquence pour les trois niveaux de qualité d'exploitation (TEB) du Tableau XXVII (2×10^{-6} , 2×10^{-7} et 2×10^{-8}). La différence relative des rapports de protection entre ces trois niveaux de qualité d'exploitation se maintient généralement quel que soit le décalage.

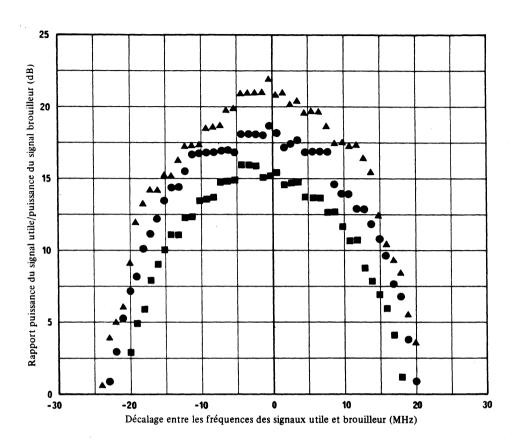


FIGURE 38 – Brouillage d'une séquence de bits pseudo-aléatoire de 43 Mbit/s par des signaux de télévision numérique à 16 Mbit/s

 $E_b/N_0 = 13.3 \text{ dB}$

■ : TEB = 2×10^{-6}

• : TEB = 2×10^{-7}

 $\blacktriangle : TEB = 2 \times 10^{-8}$

La Fig. 39 montre l'importance de la largeur de bande relative entre les signaux utile et brouilleur pour le rapport C/I admissible. Cette figure permet d'obtenir les deux résultats suivants:

- les signaux brouilleurs ayant une largeur de bande inférieure à celle du signal utile nécessitent une protection plus importante dans le même canal que les signaux brouilleurs dont la largeur de bande est supérieure à celle du signal utile;
- la décroissance du rapport de protection en fonction du décalage de fréquence est plus marquée lorsque le débit binaire du signal brouilleur est inférieur à celui du signal utile.

Ces deux résultats sont liés à l'importance de la puissance du signal brouilleur présente dans le lobe principal du spectre du signal utile. Dans le cas d'un signal brouilleur à bande étroite, l'essentiel de la puissance de ce signal se trouve à l'intérieur du lobe principal du signal utile en sorte que la protection dans le même canal doit être accrue. Mais, selon le décalage de fréquence des signaux utile et brouilleur, l'action d'un signal brouilleur à bande étroite diminue plus rapidement que celle d'un signal brouilleur à large bande.

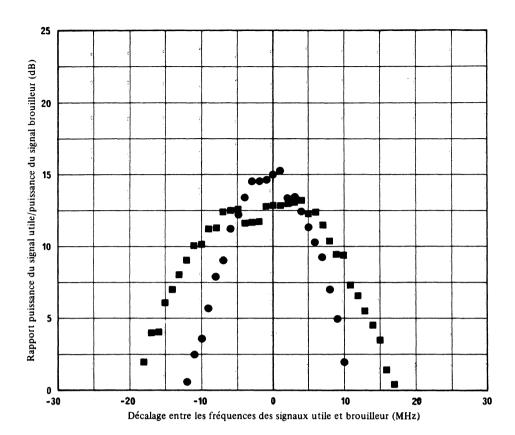


FIGURE 39 – Brouillage d'une séquence de bits pseudo-aléatoire à 16 Mbit/s par des signaux de télévision numérique à 43 et à 16 Mbit/s

$$E_b/N_0 = 13.3 \text{ dB}$$

TEB = 2×10^{-6}

Débit de télévision numérique:

■: 43 Mbit/s
•: 16 Mbit/s

5. Rapports de protection pour le système K à 625 lignes (SECAM)

Des mesures effectuées en URSS [CCIR, 1970-74c] ont permis de déterminer les rapports de protection pour des signaux MF contre le brouillage causé par des signaux à onde entretenue, des signaux MA-BLR et des signaux MF.

5.1 Conditions de mesure

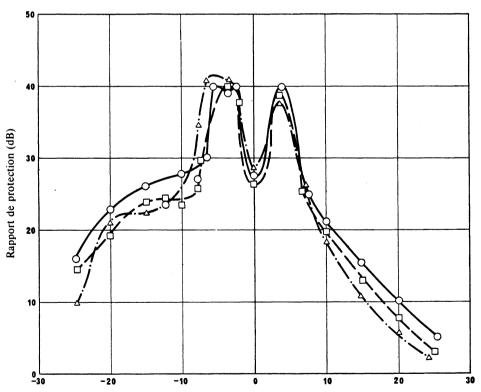
Les rapports de protection ont été déterminés dans les conditions suivantes:

- l'excursion de crête de la fréquence du signal utile de télévision MF (avec transmission du signal son d'accompagnement sur une sous-porteuse; rapport signal image/sous-porteuse son = 4,5/1) était de ± 11 MHz;
- le rapport signal utile/bruit aléatoire ininterrompu pondéré, à la sortie du récepteur de télévision MF, était de 57 dB (rapport de l'amplitude crête-à-crête du signal image, compte non tenu des impulsions de synchronisation, à la tension efficace du bruit dans la bande comprise entre 10 kHz et la limite supérieure nominale de la bande des fréquences vidéo). Pour déterminer cette valeur, on a utilisé un filtre passe-bas et un réseau de pondération dont les caractéristiques étaient analogues à celles décrites dans la Recommandation 567, Annexes II et III pour le système K;
- pour les images d'essai: on a utilisé des mires en couleur et en noir et blanc, des raies en couleur et des images en couleur réelles;

- pour les signaux brouilleurs, on a utilisé des ondes entretenues, un signal de télévision à modulation d'amplitude et un signal de télévision MF;
- pour la modulation des signaux de télévision brouilleurs MA et MF, on a utilisé un signal image de mire en noir et blanc;
- pour évaluer la qualité de l'image, on s'est servi d'une constatation binaire du type «oui» «non»;
- la plupart des observateurs n'étaient pas des experts. On a fait appel à des experts pour faire des appréciations intermédiaires. Les observateurs étaient au nombre de dix à quinze;
- dimensions de l'image d'essai: 475 × 375 mm;
- distance d'observation: 5 à 6 fois la hauteur de l'image;
- le centre de l'écran du récepteur de contrôle se trouvait au niveau des yeux des observateurs;
- les mesures ont été faites dans un local partiellement obscurci;
- le niveau d'éclairement de l'écran par des sources extérieures ne dépassait pas 0,01 de la luminance maximale de l'écran;
- la séquence des variations du niveau des brouillages était aléatoire, l'échelon de variation étant de 3 dB; dans chaque série de mesures, les observateurs étaient confrontés avec cinq valeurs du rapport signal/brouillage.
 Les limites de la variation du niveau du brouillage donnaient donc lieu, dans chaque cas, à une variation de l'évaluation de la qualité de l'image de ± 1 échelon;
- les rapports de protection ont été mesurés sans filtre de bande à l'entrée du récepteur à modulation de fréquence.

5.2 Résultats des mesures

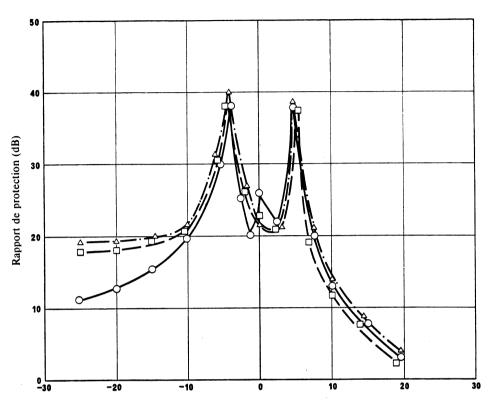
Les Fig. 40 à 42 contiennent les résultats des mesures des rapports de protection en fonction de l'écart entre les fréquences porteuses (décalage de porteuse) des signaux utile et brouilleur, pour la transmission des images en couleur (raies en couleur, mire en couleur et image réelle en couleur); la Fig. 43 correspond à la transmission d'une mire en noir et blanc.



Ecart entre les fréquences centrales du signal utile et du signal brouilleur, Δf (MHz)

FIGURE 40 — Rapport de protection d'un signal MF brouillé par un signal brouilleur à onde entretenue

— c barres de couleur modulation sur le signal utile mire en couleur

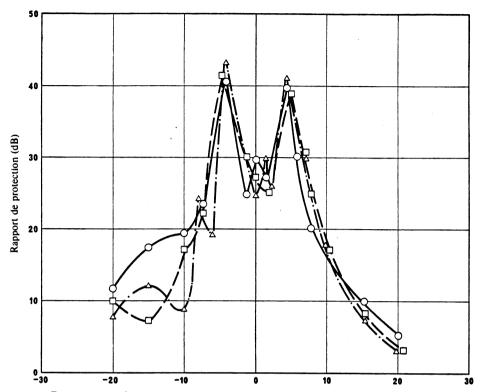


Ecart entre les fréquences centrales du signal utile et du signal brouilleur, Δf (MHz)

FIGURE 41 – Rapport de protection d'un signal MF brouillé par un signal brouilleur MA-BLR

— composition : barres de couleur sur le signal utile cou

R 634-4 629



Ecart entre les fréquences centrales du signal utile et du signal brouilleur, Δf (MHz)

FIGURE 42 – Rapport de protection d'un signal MF brouillé par un signal brouilleur MF

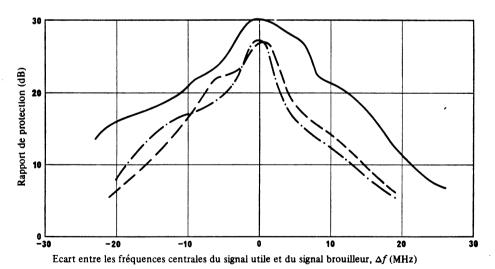


FIGURE 43 - Rapport de protection dans le cas de la transmission en MF d'une mire en noir et

: brouillage télévision MF

----: brouillage télévision MA

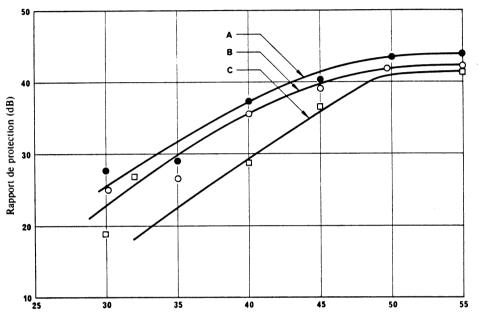
signal brouilleur

brouillage par onde entretenue

630 R 634-4

La Fig. 40 illustre l'effet qu'exerce sur le signal utile de télévision MF un brouillage par ondes entretenues, la Fig. 41 l'effet d'un brouillage constitué par un signal de télévision MA et la Fig. 42 l'effet d'un brouillage se présentant sous la forme d'un signal de télévision MF ayant une excursion de crête de ± 11 MHz.

La Fig. 44 contient les résultats des mesures des rapports de protection en fonction du niveau du bruit aléatoire à la sortie du récepteur de télévision MF. Pour déterminer ces rapports, on a utilisé comme image d'essai une mire en couleur; l'écart entre les fréquences porteuses du signal utile et du signal brouilleur était fixé de manière à donner la perception maximale du brouillage sur l'écran du récepteur de contrôle.



Rapport signal/bruit erratique à la sortie du récepteur de télévision à modulation de fréquence (dB)

FIGURE 44 - Rapport de protection d'un signal MF, en fonction du rapport signal/bruit

A: brouillage par onde entretenue

B: brouillage télévision MA

C: brouillage télévision MF

5.3 Conclusions

Ces résultats permettent de formuler les conclusions suivantes:

Lorsque le signal utile et le signal brouilleur sont transmis dans le même canal (avec des fréquences centrales identiques), le rapport de protection pour des signaux à modulation de fréquence ne dépasse pas 30 dB, aussi bien pour la réception de signaux de télévision en noir et blanc que pour celle d'une image en couleur; ce rapport est pratiquement le même quel que soit le contenu de l'image.

S'il y a un écart entre les fréquences centrales du signal utile et du signal brouilleur, le rapport de protection, pour des signaux de télévision en noir et blanc, diminue.

Pour la réception de signaux de télévision en couleur, l'écart de fréquence a pour effet d'abord d'accroître le rapport de protection qui atteint des valeurs maximales de 40 à 42 dB pour un écart de ± 4 à 5 MHz, après quoi le rapport diminue. Ce phénomène s'explique par l'apparition dans la transmission du signal en couleur de produits de battements entre le signal utile et le signal brouilleur.

La valeur du rapport de protection dépend dans une large mesure du niveau du bruit aléatoire dans le même canal lorsque le rapport signal utile/tension efficace pondérée du bruit à la sortie du récepteur de télévision à modulation de fréquence est inférieur à 50 dB; il ne dépend pas du bruit aléatoire lorsque le rapport est égal ou supérieur à 50 dB.

6. Introduction des fonctions du service d'exploitation spatiale (PTT) dans les bandes du service de radiodiffusion par satellite et de liaisons de connexion

L'utilisation des bandes de garde attribuées par les plans de liaisons de connexion et de liaisons descendantes au service de radiodiffusion par satellite pour les fonctions du service d'exploitation spatiale pose le problème de la compatibilité entre les deux services. Des études conduisant à l'approbation de rapports de protection sont nécessaires pour protéger les signaux de télévision transmis dans le canal voisin contre ces sources de brouillage. En ce qui concerne les liaisons de connexion, ce rapport de protection est de 20 dB, on trouvera plus de détails dans le Rapport 1076.

7. Discussion des résultats

Il est difficile de comparer les données présentées dans la présente Annexe en raison du fait que les conditions d'essai ne sont pas les mêmes. Pour certains paramètres, dans le cas du brouillage causé à un système MA-BLR, on a déterminé des facteurs de correction qui permettent de rapporter les résultats aux conditions normalisées fixées dans la Recommandation 600. Ces paramètres concernent les caractéristiques suivantes:

- excursion.
- préaccentuation,
- degré de qualité,
- dispersion de l'énergie.

En modulation de fréquence, on peut citer quelques facteurs dont dépend le rapport de protection dans le cas de partage d'un canal, à savoir:

- qualité de l'évaluation du rapport de protection;
- rapport signal d'image/bruit du signal utile;
- excursion de fréquence du signal utile;
- contenu du signal utile et du signal brouilleur.

L'excursion et le rapport signal/bruit du signal brouilleur ont peu d'influence sur le rapport de protection. Pour les excursions étudiées, le rapport de protection, dans les sytèmes à modulation de fréquence, décroît à mesure que l'excursion du signal utile augmente. Les signaux utiles constitués d'images contenant de grandes plages de couleur ou de luminance uniforme sont plus sensibles aux brouillages; de même, les signaux brouilleurs contenant des composantes spectrales discrètes de grande intensité sont davantage perceptibles.

Les résultats obtenus pour le système M/NTSC à 525 lignes et le système K/SECAM à 625 lignes montrent que le bruit présent dans le signal utile a tendance à masquer le brouillage cohérent, en abaissant la qualité de la partie non brouillée de l'image et en désintégrant les moirages qui peuvent exister. D'autres mesures effectuées sur des sytèmes à 625 lignes montrent que l'effet du masquage par le bruit est peu important. Cette différence apparente entre les sensibilités des systèmes au brouillage est peut-être imputable à la nature des images transmises par les signaux utile et brouilleur, qui n'est pas la même dans toutes les mesures, et à l'emploi de réseaux de pondération différents suivant le système de télévision dont on spécifie le rapport signal de luminance/bruit pondéré. Pour élucider cette question définitivement, il faut attendre les résultats de nouvelles mesures et leur interprétation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARNES, S. P. [27-29 novembre 1979] Carrier-to-interference ratios for frequency sharing between satellite systems transmitting frequency modulated and digital television signals. Conf. Record IEEE National Telecommunications Conference (NTC '79), Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.
- BARNES, S. P. et MILLER, E. F. [août 1978] Carrier-interference protection ratios for frequency sharing between frequency-modulated and amplitude-modulated vestigial-sideband television systems. NASA Technical Paper 1264, Cleveland, Ohio, Etats-Unis d'Amérique.
- BOROVKOV, V. A. et LOKSHIN, M. G. [1979] Voprosy elektromagnitnoi sovmestimosti sluzhb TV veshchaniya (Problèmes de compatibilité électromagnétique dans les services de télévision). *Elektrosviaz*, N° 7.
- BROWN, A. [1971a] Protection ratios for 625-line System I television transmissions impaired by interfering frequency-modulated television signals. BBC Res. Dept. Rep. No. 1971/35.
- BROWN, A. [1971b] Satellite broadcasting co-channel protection ratios for FM television. BBC Res. Dept. Rep. No. 1971/19.
- KANEDA [mai 1972] Carrier-to-interference ratio required for frequency sharing between FM and AM-VSB television signals. NHK Lab. Note, N° 153.
- MERTENS, H., ARNAUD, F., BROWN, A., GALIC, R. et PHILLIPS, G. J. [mars 1976] Radiodiffusion par satellites Conception et planification des systèmes à 12 GHz. Document 3220-F de l'UER (Technique), 34-35.
- MILLER, E. F. et MYHRE, R. W. [1970] Frequency sharing between FM and AM-VSB television transmission systems.

 Communication Satellite Technology for the '70s, Vol. III, AIAA, Progress in Astronautics and Aeronautics, Academic Press.

Documents du CCIR

[1970-74]: a. 11/107 (France); b. 11/339 (France); c. 11/332 (URSS); d. 11/317 (UER).

[1974-78]: **a.** 11/40 (Japon); **b.** 10/42 (Japon); **c.** 11/25 (UER); **d.** 11/101 + 11/114 (France).

[1978-82]: a. 11/91 (Etats-Unis d'Amérique): b. 10-11S/157 (URSS); c. 11/116 (URSS); d. 10-11S/61 (Canada); e. 10-11S/19

(Japon); f. 10-11S/138 (Etats-Unis d'Amérique); g. 10-11S/149 (France); h. 11/32 (Etats-Unis d'Amérique).

[1982-86]: a. 10-11S/49 + Corr.1 (Etats-Unis d'Amérique); b. 10-11S/202 (Chine (République populaire de)).

ANNEXE II

SUGGESTIONS CONCERNANT LES MESURES DU RAPPORT DE PROTECTION

Dans le cas des transmissions de télévision numériques, il convient de mesurer le rapport de protection pour déterminer la sensibilité des systèmes numériques aux signaux brouilleurs modulés, analogiques ou numériques. On suggère la matrice d'essais suivante:

Signal utile
numérique
numérique
numérique
MF
MF
numérique
numérique
MA-BLR
MA-BLR
numérique

Les conditions expérimentales et les méthodes recommandées dans la Recommandation 600 pour la détermination du rapport de protection n'ont pas été formulées spécifiquement pour la modulation numérique. Il faudra poursuivre les études pour définir de façon plus précise les conditions expérimentales et les méthodes applicables à cette modulation. Entre-temps, la priorité devrait être donnée à des essais avec modulation numérique, dans les conditions spécifiées par la Recommandation 600.

RAPPORT 951*

PARTAGE ENTRE LE SERVICE INTER-SATELLITES ET LE SERVICE DE RADIODIFFUSION PAR SATELLITE AU VOISINAGE DE 23 GHz

(Question 1/10 et 11)

(1982)

1. Introduction

La CAMR-79 a attribué la bande 22,5 à 23 GHz au service de radiodiffusion par satellite (SRS) en Régions 2 et 3; une partie de cette bande — la portion comprise entre 22,55 et 23,0 GHz — est utilisée en partage avec, entre autre, le service inter-satellites (SIS).

Basé sur des études menées aux Etats-Unis et au Japon, ce Rapport décrit une étude paramétrique de l'espacement orbital nécessaire entre des stations spatiales utilisant des liaisons inter-satellites et des satellites de radiodiffusion, du point de vue des brouillages introduits sur la liaison inter-satellites, [CCIR, 1978-82a et b] et des brouillages causés au récepteur du SRS [CCIR, 1978-82c].

Ces études utilisent de nouvelles caractéristiques des systèmes tirées d'un exemple qui figure dans le Rapport 215 et correspond à un système de télévision à haute définition utilisant une largeur de bande radiofréquences de 125 MHz. Or, un exemple de télévision de type classique est aussi donné dans le Rapport 215. Les études présentées dans le présent Rapport peuvent également s'appliquer à ce cas. Des calculs préliminaires faits aux Etats-Unis d'Amérique montrent que le cas d'un système de télévision à haute définition présenté ici serait le plus prudent.

On trouvera aux § 2.1 et 3.1 les hypothèses admises pour le SIS dans les deux études. Les valeurs figurant dans les deux paragraphes diffèrent car la définition du SIS est encore à un stade initial. Un complément d'étude s'impose.

^{*} Ce Rapport doit être porté à l'attention de la Commission d'études 4.