



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.228

**SYSTÈMES INTERNATIONAUX ANALOGIQUES
À COURANTS PORTEURS
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES
À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES
À COURANTS PORTEURS**

**MESURE DU BRUIT DE CIRCUIT SUR LES
SYSTÈMES EN CÂBLE AVEC UN SIGNAL
DE CHARGE CONSTITUÉ PAR UN BRUIT
ERRATIQUE À SPECTRE UNIFORME**

Recommandation UIT-T G.228

(Extrait du *Livre Bleu*)

NOTES

1 La Recommandation G.228 de l'UIT-T a été publiée dans le fascicule III.2 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1988, 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

Recommandation G.228

MESURE DU BRUIT DE CIRCUIT SUR LES SYSTÈMES EN CÂBLE AVEC UN SIGNAL DE CHARGE CONSTITUÉ PAR UN BRUIT ERRATIQUE À SPECTRE UNIFORME

(Genève, 1964; modifiée par la suite)

Le CCITT,

considérant que

(a) sur les systèmes en câble pour téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence, il est désirable de mesurer la qualité de fonctionnement dans des conditions très voisines de celles de l'exploitation réelle;

(b) un signal à spectre uniforme continu (bruit blanc) possède des propriétés statistiques semblables à celles d'un signal multiplex quand le nombre de voies n'est pas trop faible;

(c) pour mesurer la qualité de fonctionnement de tels systèmes en câble, l'utilisation d'un signal présentant un spectre uniforme continu est déjà répandue;

(d) il est nécessaire de normaliser les fréquences et largeurs de bande des voies de mesure à utiliser pour de telles mesures;

(e) pour des raisons de compatibilité internationale, il est nécessaire de normaliser l'affaiblissement minimal et la largeur de bande des filtres à élimination de bande que l'on peut être amené à utiliser dans le générateur de bruit blanc;

(f) en vue de la planification des circuits téléphoniques, le CCITT a indiqué, pour la puissance du signal dans la bande de base d'un système téléphonique à multiplexage, une valeur moyenne à considérer au cours de l'heure chargée (voir la Recommandation G.223),

recommande que

1 La qualité de fonctionnement de systèmes en câble à multiplexage par répartition en fréquence doit être mesurée au moyen d'un signal présentant un spectre uniforme continu dans la bande de fréquences utilisée pour les voies téléphoniques.

2 Le niveau nominal de puissance du signal d'essai à spectre uniforme doit correspondre à la charge conventionnelle spécifiée dans la Recommandation G.223 du CCITT. Si on l'applique au point d'interconnexion correspondant à T' de la Recommandation G.213 du CCITT, les niveaux absolus de puissance présentant de l'intérêt sont indiqués dans la colonne 4 du tableau 1/G.228.

2.1 L'équipement d'émission doit être capable de fournir, à la sortie d'un filtre à élimination de bande inséré, un niveau de charge atteignant au moins +10 dB par rapport au niveau nominal de puissance défini ci-dessus;

2.2 A l'intérieur de la bande correspondant à la bande de base du système soumis à l'essai, la tension efficace du spectre de bruit blanc mesurée dans une bande d'environ 2 kHz ne doit pas varier de plus de $\pm 0,5$ dB. Ce degré d'uniformité de spectre doit être respecté dans le domaine des niveaux atteignant +6 dB par rapport au niveau nominal de puissance indiqué dans le tableau 1/G.228, colonne 4;

2.3 A la sortie de l'équipement d'émission, on doit disposer du signal d'essai à bruit blanc avec un coefficient de crête d'environ 12 dB par rapport à la valeur efficace;

3 Les fréquences nominales de coupure effective (fréquences de coupure de filtres fictifs ayant des caractéristiques idéales à coupure brusque et transmettant la même puissance que les filtres réels) et aussi les tolérances concernant les filtres passe-bande proposés pour les diverses largeurs de bande des systèmes à essayer devraient satisfaire aux spécifications définies par le tableau 2/G.228. Afin de réduire le nombre de filtres nécessaires, on a eu recours, dans

certain cas, à des compromis entre la fréquence de coupure effective nominale et la fréquence limitant la largeur de bande du système. Les tolérances permettent d'être assuré que les erreurs d'étalonnage ainsi entraînées ne dépassent pas $\pm 0,1$ dB, et que les erreurs affectant la mesure du bruit d'intermodulation ne dépassent pas $\pm 0,2$ dB, en admettant pour le système une préaccentuation d'environ 10 dB.

TABLEAU 1/G.228

1	2	3	4
Nombre de voie téléphoniques	Niveau relatif de puissance au point T' (dBr)	Niveau de la charge conventionnelle (dBm0)	Niveau nominal de puissance du signal d'essai au point T' (dBm)
60	-36	6,1	-29,9
120	-36	7,3	-28,7
300	-36	9,8	-26,2
600	-36 -33	12,8	-23,2 -20,2
960	-36 -33	14,8	-21,2 -18,2
1 260	-33	16,0	-17,0
1 800	-33	17,5	-15,5
2 700	-33	19,3	-13,7
3 600	-33	20,5	-12,5
10 800	-33	25,3	-7,7

TABLEAU 2/G.228

Capacité du système (nombre de voies)	Limites de la bande occupée par les voies téléphoniques (kHz)	Fréquences effectives de coupure des filtres passe-bande (kHz)		Fréquences des voies de mesure recommandées (kHz)						
		Passe-haut	Passe-bas							
60	60 à 300	60±1	300±2	70	270					
120	60 à 552	60±1	552±4	70	270	534				
300 {	60 à 1 300 64 à 1 296	} 60 ± 1	1 296±8	70	270	534	1 248			
600 {	60 à 2 540 64 à 2 660	} 60 ± 1	2 600±20	70	270	534	1 248	2 438		
960 {	60 à 4 028 64 à 4 024	} 60 ± 1	4 100±30	70	270	534	1 248	2 438	3 886	
900	316 à 4 188	316±5	4 100±30			534	1 248	2 438	3 886	
1 260 {	60 à 5 636 60 à 5 564	} 60 ± 1	5 600±50	70	270	534	1 248	2 438	3 886	5 340
1 200	316 à 5 564	316 ± 5	5 600±50			534	1 248	2 438	3 886	5 340
1 800 {	312 à 8 120 312 à 8 204 316 à 8 204	} 316 ± 5	8 160±75			534 7 600	1 248	2 438	3 886	5 340
2 700 {	312 à 12 336 316 à 12 388 312 à 12 388	} 316 ± 5	12 360±100			534 7 600	1 248	2 438 11 700	3 886	5 340
3 600	316 à 17 004 312 à 16 900 596 à 17 668	} 316 ± 5	17 300±150			534 7 600	ou 770 11 700	1 248	2 438	3 886 5 340 16 400
10 800 {	4 332 à 59 684 4 404 à 59 580	} 4 370 ± 70	59 600±600			5 340 35 748	11 700 55 548			

3.1 La discrimination d'un filtre passe-bas doit être au moins égale à 20 dB pour une fréquence dépassant de 10% la fréquence nominale de coupure et au moins égale à 25 dB pour des fréquences dépassant de 20% la fréquence nominale de coupure. La discrimination d'un filtre passe-haut doit être au moins égale à 25 dB pour des fréquences situées à 20% au-dessous de la fréquence nominale de coupure.

3.2 Pour limiter la discrimination à l'égard des voies de mesure, la dispersion des valeurs de l'affaiblissement introduit par un couple quelconque de filtres passe-haut et passe-bas ne doit pas dépasser 0,2 dB dans une gamme de fréquences englobant les voies de mesure extrêmes.

4 Les valeurs des caractéristiques concernant la discrimination dans chaque bande éliminée à la sortie d'un équipement d'émission sont données dans le tableau 3/G.228, ces valeurs devant s'appliquer dans le domaine de températures qui s'étend de 10° C à 40° C.

5 Dans le cas où l'équipement de réception est relié directement à un équipement d'émission muni de filtres à élimination de bande répondant juste aux conditions du § 4, si on considère le rapport entre, d'une part, la puissance de bruit indiquée par l'équipement de réception lorsque le filtre d'élimination de bande n'est pas en circuit et, d'autre part, celle qui est indiquée lorsque ce filtre est en circuit, ce rapport doit avoir une valeur au moins égale à 67 dB; cette

condition est valable quand on applique une charge conventionnelle. Le récepteur doit avoir une largeur de bande effective minimale d'au moins 1,7 kHz; le niveau maximal de la puissance de bruit absolue, découlant d'une fuite occasionnée par un récepteur d'une largeur de bande effective de 1,74 kHz et correspondant à la valeur de fuite requise, est de $-85,6$ dBm_{0p}.

6 Des voies de mesure supplémentaires puissent être établies par accord entre les Administrations intéressées.

Remarque – Aux annexes A et B, on fournit quelques renseignements généraux sur les procédés de mesure, le choix des caractéristiques des filtres, les méthodes de correction et les objectifs concernant la précision.

TABLEAU 3/G.228

Caractéristiques des filtres à élimination de bande

Fréquence centrale f_0 (kHz)	Largeur de bande (kHz), par rapport à f_0 , pour laquelle la discrimination devrait être au moins égale à:				Largeur de bande (kHz), par rapport à f_0 , en dehors de laquelle la discrimination ne devrait pas dépasser:	
	70 dB	55 dB	30 dB	3 dB	3 dB	0,5 dB
70	$\pm 1,5$	$\pm 2,2$	$\pm 3,5$	–	± 12	± 18
270	$\pm 1,5$	$\pm 2,3$	$\pm 2,9$	–	± 8	± 24
534	$\pm 1,5$	$\pm 3,5$	$\pm 7,0$	–	± 15	± 48
700	$\pm 1,5$	$\pm 3,8$	$\pm 8,0$	–	± 21	± 70
1 248	$\pm 1,5$	$\pm 4,0$	$\pm 11,0$	–	± 35	± 110
2 438	$\pm 1,5$	$\pm 4,5$	$\pm 19,0$	–	± 60	± 220
3 886	$\pm 1,5$	$\pm 15,0$	$\pm 30,0$	–	± 110	± 350
		$\pm 1,8$	$\pm 3,5$	$\pm 8,0$	± 12	± 100
5 340	$\pm 1,5$	$\pm 2,2$	$\pm 4,0$	$\pm 8,5$	± 14	± 150
7 600	$\pm 1,5$	$\pm 2,4$	$\pm 4,6$	$\pm 9,5$	± 16	± 200
11 700	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	$\pm 7,0$	$\pm 11,0$	± 20	± 300
16 400	$\pm 1,5$	$\pm 4,0$	$\pm 9,0$	± 14	± 30	± 500
35 748	$\pm 1,8$	$\pm 2,2$	$\pm 3,5$	$\pm 5,0$	± 20	± 150
55 548	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	$\pm 6,0$	$\pm 9,5$	± 30	± 200

Remarque 1 – Les caractéristiques recommandées pour les filtres de 70 kHz à 2438 kHz supposent l'emploi de filtres du type à inductance et capacité. Les caractéristiques recommandées pour les filtres à 5340 kHz et au-dessus supposent l'emploi de filtres à quartz. Pour le filtre à 3886 kHz, on recommande deux variantes permettant de choisir soit un filtre du type à inductance et capacité, soit un filtre à quartz. On suppose que les filtres à quartz à 35 748 et 55 548 kHz fonctionnent selon un mode harmonique supérieur à celui des résonateurs à quartz. C'est la raison pour laquelle les largeurs de bande relatives de ces filtres accusent une certaine discontinuité par rapport aux filtres à quartz jusqu'à 11 700 kHz.

Remarque 2 – Les valeurs de discrimination indiquées sont des valeurs relatives rapportées à l'affaiblissement minimal des filtres à élimination de bande à l'intérieur de la bande de fréquences de base définie par les filtres passe-haut et passe-bas dans le tableau 2/G.228. Cela implique qu'un filtre éliminateur de bande qui convient pour les mesures sur un système ne convient pas nécessairement aux mesures sur un autre système à largeur de bande supérieure.

Remarque 3 – La sélectivité du récepteur à 3886 kHz doit être déterminée en fonction des caractéristiques du filtre à élimination de bande à quartz.

Remarque 4 – Par suite de résonances parasites, des pointes d'affaiblissements étroites peuvent se produire dans la bande passante supérieure des filtres à élimination de bande à quartz. Quand des résonateurs fonctionnent selon un mode harmonique supérieur, des pointes étroites peuvent aussi apparaître dans la bande passante inférieure. Ces pointes présentant un affaiblissement de crête d'environ 10 dB dans la bande de 1 à 5 kHz sont admissibles car elles n'affectent pas la précision des mesures.

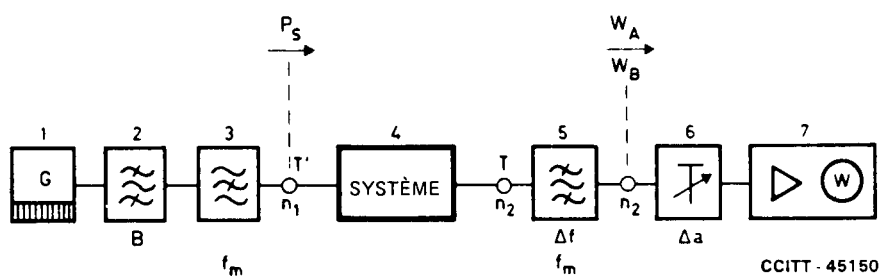
ANNEXE A

(à la Recommandation G.228)

Aperçu de la méthode de mesure au moyen de bruit blanc

A.1 Principe général

Les principaux éléments du montage destiné aux mesures sont représentés par la figure A-1/G.228.



- 1 = générateur de bruit fournissant une puissance variable P_s pour le signal d'essai
 - 2 = filtre passe-bande ; largeur de bande effective B
 - 3 = filtre à élimination de bande ; fréquence centrale f_m
 - 4 = système soumis aux mesures
 - 5 = filtre passe-bande de réception ; fréquence centrale f_m ; largeur de bande Δf : environ 2 kHz
 - 6 = ligne d'affaiblissement variable, à la réception ; $\Delta a = 10 \log \frac{W_A}{W_B}$ dB
 - 7 = appareil de mesure de niveau en valeur quadratique moyenne
- W_A = puissance du bruit quand le filtre à élimination de bande n'est pas en circuit
 W_B = puissance du bruit quand le filtre à élimination de bande est mis en circuit
 n_1 = niveau relatif du système à l'entrée T'
 n_2 = niveau relatif du système à la sortie T } (voir la Recommandation G.213)

FIGURE A-1/G.228
Principe du montage de mesure

A.2 Méthodes de mesure

Pour évaluer, du point de vue du bruit, la qualité de fonctionnement d'un système, deux méthodes sont très largement utilisées:

A.2.1 Mesure du rapport de puissance signal à bruit (RPB)

Le rapport de puissance de bruit:

$$RPB = 10 \log \frac{W_A}{W_B} \text{ dB} = \Delta a \quad (\text{A-1})$$

est mesuré pour divers niveaux de P_s . L'appareil de mesure de niveau sert uniquement d'indicateur. W_A est la valeur de la puissance de bruit dans la voie de mesure calculée sans tenir compte de l'effet des intervalles de fréquence entre les groupes de voies effectivement utilisées.

Dans un système à N voies, on introduit les définitions suivantes:

$$P_s = N \cdot P_{CH}$$

P_{CH} = puissance de signal variable par voie

$$P_{CH} = -15 \text{ dBm0} + \Delta p = \text{niveau de charge par voie}$$

-15 dBm0 est la charge conventionnelle par voie, conformément à la Recommandation G.223, pour les systèmes où $N \geq 240 \cdot \Delta p$ (dB) est le supplément de charge par rapport à -15 dBm0

$$P_n = \text{niveau de puissance pondérée du bruit (dBm0p), mesuré au point T dans une voie téléphonique de 3,1 kHz.}$$

Les valeurs mesurées de ce rapport de puissance de bruit (RPB) sont habituellement représentées, comme le montre la figure A-2/G.228, en fonction du supplément de charge, Δp , par voie.

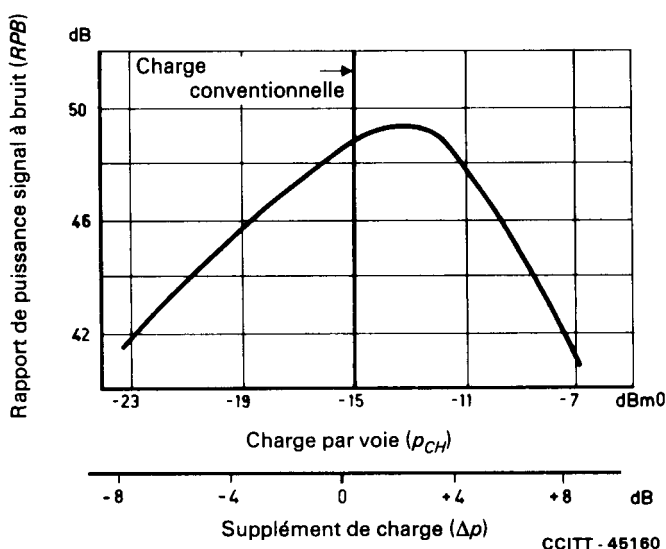


FIGURE A-2/G.228

Courbe représentant le rapport RPB en fonction de la charge par voie

On a la relation suivante entre les valeurs du RPB mesurées sur une voie et le niveau de puissance pondérée du bruit rapporté à un point de niveau relatif zéro:

$$P_n = (-RPB - 18,6 - 10 \log k + \Delta p) \text{ dBm0p}; \quad (\text{A-2})$$

$k = B/4N$ (B exprimé en kHz) est un coefficient correcteur qui tient compte de l'effet dû aux intervalles de fréquences entre les groupes de voies dans le système de transmission.

Le tableau A-1/G.228 donne des exemples de correction pour quelques systèmes à N voies:

TABLEAU A-1/G.228

N	300	960	2700	10 800
10 log k (dB)	0,14	0,22	0,46	1,08

A.2.2 Mesure directe du niveau de puissance pondérée du bruit

Avec le choix particulier de la largeur de bande effective du récepteur

$$\Delta f = 1,74 \text{ kHz} (= 3,1 \text{ kHz} \cdot 10^{-0,25}),$$

la puissance pondérée du bruit P_n dans une voie téléphonique est:

$$P_n = W_B \text{ (voir la figure A-1/G.228)}$$

et le niveau de bruit pondéré P_n rapporté à un point de niveau relatif zéro devient:

$$p_n = \left[10 \log \frac{W_B}{1 \text{ mW}} + n_2 \text{ (dBr)} \right] \text{ dBm0p} \quad (\text{A-3})$$

Dans ce cas, le récepteur (élément n° 7 de la figure A-1/G.228) doit être un appareil étalonné de mesure de la puissance.

A.3 Exemples de mesures effectuées au moyen de la méthode de mesure avec bruit blanc

On peut faire deux sortes de mesures sur un système (de longueur L) entre points T' et T à niveau relatif plat. La première [cas a)] porte sur l'effet produit sur la caractéristique de bruit par un écart de charge à l'entrée du système et la seconde [cas b)] permet de déterminer l'influence produite par des défauts dans l'alignement des niveaux le long de la ligne de transmission.

- a) On fait varier la puissance P_s du signal de mesure de bruit et on mesure le niveau de bruit pondéré p_n en dBm0p. On représente le résultat sous forme de courbe, comme l'indique la figure A-3/G.228.

Une autre façon d'indiquer le niveau de bruit pour un système de longueur L aurait pu consister à l'exprimer non pas en dBm0p mais en pW0p/km.

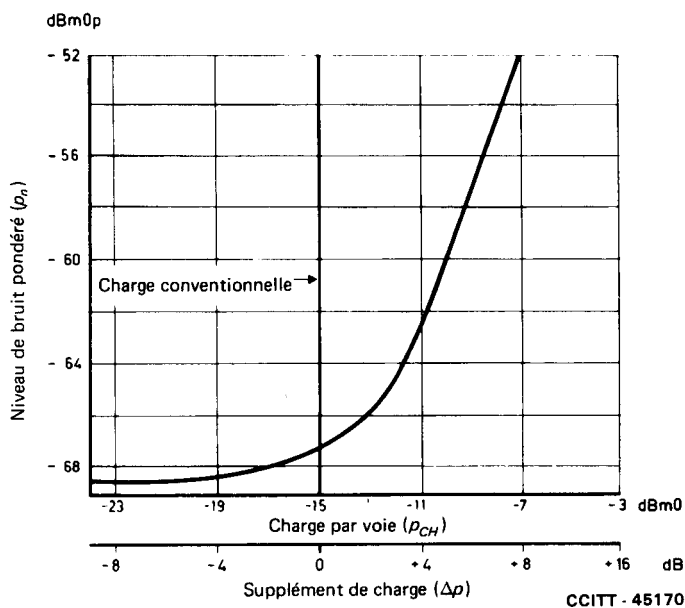


FIGURE A-3/G.228

Niveau de puissance du bruit pondéré en fonction de la charge du système (niveaux relatifs du système fixés conformément au plan)

- b) On fait varier les niveaux relatifs du système sur la ligne de transmission en insérant les lignes d'affaiblissement ($-\Delta n$) et ($+\Delta n$) à l'entrée et à la sortie du système comme le montre la figure A-4/G.228, qui est un extrait de la figure A-1/G.228.

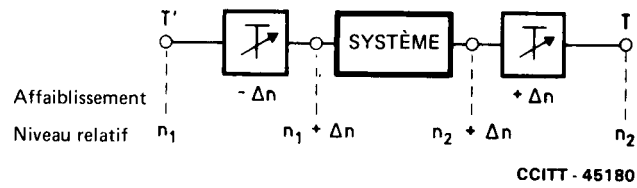


FIGURE A-4/G.228
Variation des niveaux relatifs internes du système

On fixe la puissance de bruit P_s du signal de mesure à la valeur conventionnelle -15 dBm0 par bande de 4 kHz au point T' et on la maintient constante. On mesure la puissance (ou niveau) du bruit dans la voie de mesure, au point T , en fonction du niveau relatif à la sortie du répéteur, par exemple. On représente le résultat comme l'indique la figure A-5/G.228.

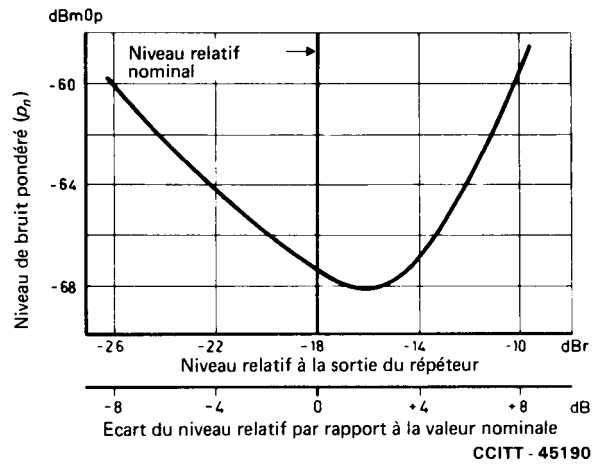


FIGURE A-5/G.228
Niveau du bruit pondéré dans la voie de mesure en fonction du niveau relatif établi à la sortie du récepteur

ANNEXE B

(à la Recommandation G.228)

Considérations concernant la précision des mesures et conséquences pour la réalisation des appareils de mesure

B.1 Introduction

Les Recommandations concernant les équipements utilisés pour mesurer le bruit de circuit avec un signal de charge artificielle constitué par un bruit erratique à spectre uniforme simulant les signaux de téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence ont été émises à la suite d'études soigneusement coordonnées accomplies par les trois commissions compétentes des CCI. Ces Recommandations portent sur l'application de la méthode de mesure du bruit blanc aux systèmes en câble (Recommandation G.228), aux faisceaux hertziens (Recommandation 399 du CCIR [1]),

aux systèmes à satellites (Recommandation 482 du CCIR [2]) et aux équipements de modulation (Recommandation G.230). Le but de la coordination consistait à faire en sorte que les équipements de mesure recommandés séparément satisfassent aux objectifs communs de précision dans la mesure et, autant que possible, soient compatibles et interchangeables.

L'objectif pour la précision globale de l'équipement de mesure utilisé pour la maintenance courante est de ± 2 dB. Il est souhaitable d'avoir une plus grande précision, d'environ ± 1 dB, si l'on désire évaluer la qualité de fonctionnement d'un système au point de vue du bruit, par rapport à la qualité requise. On peut obtenir ce résultat en procédant suivant certaines méthodes et en appliquant des corrections comme l'indiquent les § B.4 et B.5.

La présente annexe montre de quelle façon certaines caractéristiques des équipements de mesure étaient liées aux objectifs de précision dans la mesure; toute extension future des Recommandations en vue de permettre des mesures sur de nouveaux systèmes de transmission, non encore normalisés, devrait tenir compte de ces relations.

B.2 *Filtres à élimination de bande*

B.2.1 *Choix des fréquences centrales*

Dans tous les cas, le choix de la fréquence centrale nominale des filtres à élimination de bande (c'est-à-dire des voies de mesure) devrait prendre en considération la nécessité de réduire au minimum la discrimination combinée du couple de filtres passe-bande utilisés quand le filtre à élimination de bande fournit une voie de mesure inférieure ou supérieure. En conséquence, en règle générale, la fréquence centrale d'une voie de mesure inférieure devrait se trouver au moins à 15% environ au-dessus de la fréquence de coupure effective du filtre passe-haut et la fréquence centrale d'une voie de mesure supérieure devrait se trouver approximativement à 5% au-dessous de la fréquence de coupure du filtre passe-bas mis en jeu. Le § 3.2 de la présente Recommandation prescrit que "la dispersion des valeurs de l'affaiblissement introduit par un couple quelconque de filtres passe-haut et passe-bas ne devrait pas dépasser 0,2 dB dans une gamme de fréquences englobant les voies de mesure extrêmes".

B.2.2 *Fuites*

Jointe à la sélectivité du récepteur, la discrimination d'un filtre à élimination de bande fonctionnant au voisinage de la fréquence centrale détermine la valeur minimale du rapport bruit/signal qui peut être mesuré avec précision, c'est-à-dire l'effet de "fuites". Avec une discrimination de 70 dB pour le filtre à élimination de bande (tableau 3/G.228), on mesure un rapport de l'ordre de -67 dB lorsque le bruit est en fait négligeable. On obtient une limitation efficace de cet effet de fuites en prescrivant (voir le § 5 de la présente Recommandation) que le rapport de puissance du bruit soit au moins égal à 67 dB en cas de connexion directe à un appareil émetteur pourvu de filtres à élimination de bande qui satisfont tout juste aux exigences de discrimination spécifiées dans le tableau 3/G.228 et quand on applique une charge conventionnelle de -15 dBm0 par bande de 4 kHz.

Remarque – D'après la relation (A-2) de l'annexe A, cette valeur du rapport de puissance du bruit de 67 dB correspond à un niveau de bruit résiduel de $-85,6$ dBm0p (c'est-à-dire 2,8 pW0p) au maximum.

B.2.3 *Largeur de bande effective*

L'exigence fondamentale pour la bande éliminée est représentée par la condition selon laquelle la discrimination doit être au moins égale à 70 dB dans une largeur de bande d'au moins 3 kHz. On a constaté que les largeurs de bande effectives (soit approximativement les points à 3 dB) recommandées par le tableau 3/G.228 sont techniquement réalisables et correspondent à environ 5% ou moins des largeurs de bande du système dans le cas de filtres du type à inductance et capacité, et à moins de 0,5% dans le cas de filtres du type à quartz. On éprouverait des difficultés d'ordre économique si l'on cherchait à réduire la largeur relative de bande des filtres du type à inductance ou à augmenter la largeur relative de bande des filtres du type à quartz.

B.2.3.1 *Produits de non-linéarité du troisième ordre*

L'affaiblissement du signal de bruit (représentant la charge du système) au voisinage de la voie de mesure, introduit par un filtre à élimination de bande, est à l'origine d'une mesure par défaut due aux produits de non-linéarité du troisième ordre dans la voie de mesure en question. Cette lecture par défaut est proportionnelle à la largeur de bande effective du filtre à élimination de bande.

Si l'on applique les méthodes décrites aux § B.4.3 et B.4.4, la mesure par défaut, dans un système sans préaccentuation, est de l'ordre de 0,05 dB pour un filtre placé dans la voie de mesure supérieure, la largeur de bande effective de ce filtre représentant 1% de la largeur de bande du système. L'erreur introduite par un filtre est maximale lorsque ce filtre fournit la voie de mesure supérieure d'un système. Si le filtre est utilisé dans un système à largeur de bande plus grande (ce qui correspond à une voie de mesure intermédiaire dans le système), sa largeur de bande représente un pourcentage plus petit de celle du système, et l'erreur correspondante est plus petite.

En présence d'une préaccentuation, mais si la puissance totale du signal reste sans changement, l'erreur se trouve accrue dans le rapport de la densité du signal au voisinage de la voie de mesure du système avec préaccentuation à la densité du signal dans le système sans préaccentuation.

Les filtres à élimination de bande du type à quartz ont une largeur de bande effective si étroite que leur influence sur les erreurs de mesure est négligeable.

Pour des filtres à élimination de bande du type self-capacité (tableau 3/G.228), les valeurs recommandées de la largeur de bande effective sont telles que les mesures par défaut des puissances de bruit non linéaires du troisième ordre sont comprises entre 0,25 et 0,30 dB lorsque les filtres fournissent les voies de mesure supérieures des systèmes sans préaccentuation. Cette gamme d'erreur devient de 0,60 à 0,90 dB pour des systèmes avec préaccentuation de 8 à 10 dB, comme dans le cas de faisceaux hertziens à multiplexage par répartition en fréquence (Recommandation 275 du CCIR [3]) ou de systèmes à large bande sur paires coaxiales.

B.2.3.2 Produits de non-linéarité du second ordre

Dans les systèmes de transmission de grande longueur, les produits de non-linéarité du troisième ordre représentent un pourcentage plus important du bruit total du système que les produits du second ordre. C'est la raison pour laquelle les valeurs recommandées des largeurs de bande maximales des filtres à élimination de bande ont été déterminées sur la base des objectifs de précision pour la mesure des produits du troisième ordre.

Il n'en reste pas moins que l'on peut être encore amené à utiliser l'appareil de mesure pour étudier des cas dans lesquels il y a prédominance des produits du second ordre. Les corrections à appliquer pour tenir compte des largeurs de bande connues des filtres peuvent être faites sur la base suivante:

- a) si l'on admet, ici encore, l'application des méthodes indiquées aux § B.4.3 et B.4.4, l'erreur dans la mesure des produits de non-linéarité du second ordre introduite par le filtre à élimination de bande correspond à une mesure par excès, et non plus à une mesure par défaut comme dans le cas du produit du troisième ordre;
- b) la mesure par excès est proportionnelle à la largeur de bande effective du filtre à élimination de bande, exprimée comme un pourcentage de la largeur de bande du système. En première approximation, et en supposant que le système fonctionne sans préaccentuation, la proportionnalité se définit à peu près comme suit:
 - pour les voies de mesure se trouvant au voisinage de la limite inférieure de la largeur de bande du système: une largeur de bande effective correspondant à 1% de la largeur de bande du système entraîne une mesure par excès de 0,05 dB pour la puissance du bruit d'intermodulation du second ordre;
 - pour les voies de mesure se trouvant au centre ou au voisinage de la limite supérieure de la bande du système, une largeur de bande effective correspondant à 1% de la largeur de bande du système donne une mesure par excès de 0,1 dB;
- c) si le filtre à élimination fonctionne au voisinage de la limite inférieure de la bande du système, c'est-à-dire si la densité des produits du second ordre a tendance à être maximale, une préaccentuation dans le système a pour effet de réduire l'erreur imputable à une valeur donnée de la largeur de bande du filtre dans la même proportion que la densité du signal à cette fréquence est réduite par la préaccentuation.

B.3 Filtres passe-bande

Dans le but de réduire le nombre de filtres différents, on a dans certains cas fait des compromis entre la valeur nominale de la fréquence de coupure effective et la fréquence limite de la largeur de bande du système (voir le § 3 de la présente Recommandation).

Pour les systèmes de grande capacité, il peut aussi y avoir une différence importante entre la largeur de bande $4N$ kHz (N étant la capacité du système en voies téléphoniques) et la largeur de bande du système (tableau 2/G.228).

Il faut tenir compte de ces deux circonstances au moyen du coefficient correcteur k introduit par la relation (A-2) de l'annexe A et par le tableau A-1/G.228.

Les tolérances recommandées sur les valeurs nominales des fréquences de coupure sont telles que les largeurs de spectre effective et nominale du signal de charge ne peuvent pas différer de plus de 1%. Cela étant, les erreurs d'étalonnage (dans les mesures de RPB) imputables à cette imperfection ne dépassent pas environ 0,05 dB.

Dans tous les cas, les tolérances sur les fréquences de coupure effectives des filtres passe-bas sont inférieures à 1% de la largeur de bande nominale du système; dans la plupart des cas, elles sont inférieures à 0,8% de cette largeur de bande. Une différence de 0,8% entraîne une erreur de 0,1 dB dans la mesure du bruit de non-linéarité du troisième

ordre, dans le cas où l'on a une préaccentuation de 8 dB. Même si l'on prévoit des degrés de préaccentuation plus grands, l'erreur maximale imputable à cette cause ne devrait pas dépasser 0,15 dB.

B.4 Méthodes de mesure de grande précision

Les méthodes de mesure suivantes sont recommandées pour les mesures qui doivent fournir une grande précision, par exemple quand il s'agit de vérifier que sont bien atteints les objectifs de fonctionnement d'un système de transmission, du point de vue du bruit.

B.4.1 Réglage du signal de charge

La puissance de charge doit être réglée à la valeur nominale au moyen d'un appareil de mesure du niveau efficace vrai. L'erreur maximale, y compris l'erreur de lecture, ne doit pas dépasser $\pm 0,15$ dB.

B.4.2 Étalonnage du récepteur

B.4.2.1 Si on emploie la méthode du rapport de puissance signal à bruit (voir le § A.2.1), il convient de régler le récepteur par rapport au signal reçu immédiatement avant l'insertion d'un filtre à élimination de bande.

B.4.2.2 Si on emploie la méthode de mesure directe de la puissance du bruit (voir le § A.2.2), on pourrait diminuer jusqu'à $\pm 0,15$ dB l'erreur d'étalonnage du récepteur à l'intervalle de mesure particulier en effectuant une lecture au moyen d'un signal de bruit blanc et d'un appareil de mesure du niveau efficace, étalonné en courant continu.

Remarque – La précision des mesures rapportées au point de niveau relatif zéro (dBm0p ou pW0p) dépend également de la précision avec laquelle on connaît le niveau relatif au point de mesure (n_2 de la figure A-1/G.228).

B.4.3 Insertion de filtres à élimination de bande

Il convient de n'insérer, à la fois, qu'un seul filtre à élimination de bande. On limite ainsi les erreurs dans la mesure du bruit d'intermodulation.

B.4.4 Nouveau réglage du signal de charge

Normalement, il convient de régler de nouveau le signal de charge à sa valeur nominale après l'insertion d'un filtre à élimination de bande. Lorsque les mesures consistent spécialement à étudier l'intermodulation du second ordre, ou lorsqu'on sait que celle-ci domine, on obtient une plus grande précision en faisant le nouveau réglage auquel donne lieu, non pas l'affaiblissement de l'énergie du spectre dans l'intervalle correspondant à la mesure, mais uniquement l'affaiblissement d'insertion spécifié dans les bandes passantes dû au filtre à élimination de bande.

Remarque – L'effet de la largeur de bande de l'intervalle correspondant à la mesure est négligeable avec les filtres à élimination de bande du type à quartz.

B.4.5 Mesure au récepteur

B.4.5.1 Si l'on emploie la méthode du rapport de puissance signal à bruit, on mesure maintenant ce rapport comme étant la variation nécessaire dans le réglage d'une ligne d'affaiblissement (Δa dans la figure A-1/G.228 pour ramener l'aiguille de l'appareil indicateur à sa valeur initiale).

B.4.5.2 Si on emploie la méthode de mesure directe, on peut lire sur l'appareil, en dBmp (ou pWp), le niveau pondéré du bruit. On peut, à titre de variantes, disposer d'autres procédés, consistant, par exemple, à déplacer la valeur d'étalonnage en amenant un commutateur sur la valeur du niveau relatif (n_2) du point d'accès T pour la mesure, de façon que les valeurs en dBm0p ou pW0p soient indiquées directement.

B.5 Corrections à apporter pour atteindre une grande précision de mesure

On peut atténuer les effets des sources d'erreurs suivantes en appliquant des corrections aux valeurs mesurées:

B.5.1 Étalonnage du récepteur pour la méthode de mesure du rapport de puissance signal à bruit (RPB)

B.5.1.1 Irrégularité de la source de bruit

La tolérance pour la régularité du spectre est $\pm 0,5$ dB. Un tableau (ou courbe) d'étalonnage devrait exister pour chaque générateur de bruit.

B.5.1.2 Erreurs sur la largeur de bande effective du système

Dans la conversion des valeurs du RPB en niveaux de bruit (en dBm0p), une correction obtenue grâce au coefficient correcteur k dans la relation (A-2) de l'annexe A tient compte: premièrement, de la différence existant entre

la largeur de bande occupée nominale du système soumis à la mesure et la largeur de bande effective B située entre les fréquences de coupure effectives des filtres passe-bande; deuxièmement, de la différence existant entre la largeur de bande occupée nominale et la largeur de bande totale effectivement occupée par les voies téléphoniques (à savoir, 4 N kHz).

B.5.1.3 *Distorsion d'affaiblissement dans la bande passante, à la fréquence de mesure, des filtres passe-bande*

Les corrections des § B.5.1.1 et B.5.1.2 devraient assurer un étalonnage avec une précision de $\pm 0,2$ dB.

B.5.2 *Effets des filtres à élimination de bande*

Si on utilise des filtres à élimination de bande à inductance et capacité, il peut y avoir intérêt à évaluer l'erreur sur le bruit d'intermodulation mesuré, due à la largeur de bande effective de ces filtres. A cet effet, il convient d'appliquer les règles citées dans les § B.2.3.1 et B.2.3.2.

Cette erreur est ainsi susceptible de corrections approchées quand on a déterminé la proportion de bruit d'intermodulation du troisième ordre et du second ordre.

B.6 *Restrictions inhérentes à la méthode de mesure à l'aide d'un bruit de charge*

B.6.1 Pour des niveaux de bruit très bas, inférieurs à environ -83 dBm_{0p} (environ 5 pW_{0p}), on ne saurait envisager une mesure comportant une erreur inférieure à 2 dB, où la valeur de fuite du bruit de charge inhérente à l'appareil de mesure au moyen de bruit blanc correspond à la valeur limite du RPB ≥ 67 dB, suivant l'explication donnée au § B.2.2.

B.6.2 Bien que les mesures faites aux fréquences spécifiées aient pu confirmer que les objectifs de réalisation sont respectés, on ne saurait toujours tirer de ces mesures une appréciation exacte sur la qualité d'un système, en matière de bruit, entre les fréquences considérées. Cette interpolation est-elle justifiée ou non, c'est ce qu'il faut établir pour le système considéré. On peut obtenir une indication approximative de l'influence de la fréquence en examinant la caractéristique en fréquence du bruit propre (sans charge), laquelle peut être mesurée au moyen d'un décibel-mètre sélectif, en faisant varier la fréquence de façon continue. On peut, quand c'est nécessaire, évaluer la qualité globale d'un système du point de vue du bruit en exécutant des mesures et en faisant varier la fréquence de façon continue grâce à l'utilisation d'appareils de mesure supplémentaires.

Bibliographie relative à la précision des méthodes de mesures au moyen de bruit blanc

MUELLER, (M.): "Noise Loading Test Errors Due to Finite Slot Width", *Data and Communications Design*, pp. 20 à 24, mars-avril 1973.

SPINDLER, (W.): "Noise Loading Measuring Procedures and Error Sources", *Telecommunications*, pp. 32C à 32F, juillet 1974.

Références

- [1] Recommandation du CCIR *Mesure du bruit à l'aide d'un signal à spectre continu uniforme sur les faisceaux hertziens de téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence*, volume IX, Rec. 399, Dubrovnik, 1986.
- [2] Recommandation du CCIR *Mesure de la qualité à l'aide d'un signal à spectre continu uniforme, pour les systèmes qui utilisent la téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence dans le service fixe par satellite*, volume IV, Rec. 482, Dubrovnik, 1986.
- [3] Recommandation du CCIR *Caractéristique de préaccentuation pour les faisceaux hertziens de téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence et modulation de fréquence (MRF-MF)*, volume IX, Rec. 275, Dubrovnik, 1986.