

RECOMMANDATION UIT-R F.240-6*,**

**RAPPORT DE PROTECTION SIGNAL/BROUILLAGE POUR DIVERSES CLASSES D'ÉMISSION
DANS LE SERVICE FIXE SUR DES FRÉQUENCES INFÉRIEURES À 30 MHz ENVIRON**

(Question 143/9)

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1986-1990-1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

que l'on a besoin de connaître les rapports de protection signal/brouillage pour diverses classes d'émission,

recommande

1. que les valeurs du rapport signal/brouillage indiquées au Tableau 1 au-dessous desquelles un brouillage nuisible se produit, dans des conditions stables, soient considérées comme appropriées pour les types d'émission mentionnés;
2. que l'on poursuive les études afin d'obtenir des valeurs du rapport signal/brouillage là où elles font défaut dans le Tableau 1 et que l'on réexamine celles qui y sont inscrites;
3. que l'on poursuive les études relatives à la Recommandation UIT-R F.339 en vue de déterminer si les valeurs provisoires données pour la marge contre les évanouissements peuvent être acceptées ou doivent être modifiées;
4. qu'en attendant, les valeurs données soient considérées provisoirement comme représentant la valeur globale des marges contre les évanouissements (valeur combinée des coefficients de sécurité contre les évanouissements et des facteurs de fluctuation de champ) et qu'elles soient prises comme guide, conjointement avec les valeurs des rapports signal/brouillage qui, dans des conditions stables, conviennent pour les diverses classes d'émission;
5. que l'on se reporte à l'Annexe 1 pour avoir la mesure des rapports de protection pour les émissions de la classe J3E;
6. que l'on se reporte à l'Annexe 2 pour les facteurs de conversion permettant d'obtenir les rapports de protection;
7. que l'on se reporte à l'Annexe 3 pour la mesure des rapports de protection et la séparation minimale entre les fréquences nécessaires pour les émissions de la classe J7B.

Note 1 – L'emploi des valeurs recommandées ne permet de faire qu'une estimation, que l'on pourra être amené à ajuster pour des circuits radioélectriques de diverses longueurs, selon la qualité de service requise et les conditions de propagation propres à ces circuits. En calculant le coefficient de sécurité contre les évanouissements, pour des évanouissements rapides ou à court terme, on a utilisé une distribution d'amplitude log-normale du signal reçu sujet à évanouissement (on a admis que le rapport du niveau médian au niveau dépassé pendant 10% ou 90% du temps est de 7 dB), sauf dans le cas des services de télégraphie automatique à grande vitesse, pour lequel la protection a été calculée dans l'hypothèse d'une distribution de Rayleigh.

Note 2 – Le Tableau 1 donne, dans la colonne 1 pour chaque signal brouilleur, la valeur du rapport de protection comme étant le rapport signal utile/signal brouilleur, signaux dont les puissances sont exprimées en termes de puissance de crête (*PX*) lorsque la bande occupée par l'émission brouilleuse, soit tombe entièrement dans la bande passante du récepteur, soit la recouvre complètement.

Lorsque l'un des signaux est exprimé en termes de puissance moyenne (*PY*) ou de puissance de l'onde porteuse (*PZ*), on peut obtenir la valeur correspondante du rapport de protection en utilisant les facteurs de conversion de la Recommandation UIT-R SM.326.

Note 3 – Les colonnes 2, 3 et 4 du Tableau 1 indiquent l'écart nécessaire entre la fréquence assignée d'un signal utile et celle d'un signal brouilleur lorsque le niveau de ce dernier est respectivement de 0, 6 et 30 dB plus élevé que celui du signal utile (comme défini au numéro S1.148 du Règlement des radiocommunications, la fréquence assignée est le centre de la bande de fréquences assignée).

Note 4 – Les techniques de traitement du signal telles que Lincompex, Syncompex, etc., ainsi que l'utilisation de réducteurs de bruit et de filtres à coupure brusque peuvent réduire la sensibilité des signaux radiotéléphoniques au brouillage.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'IFRB et de la Commission d'études 1.

** La Commission d'études 9 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

TABLEAU 1

Rapports de protection et écarts de fréquence minimaux requis*

SIGNAL UTILE	CLASSE D'ÉMISSION DU SIGNAL BROUILLEUR																															
	Télégraphie												Télégraphie								Télégraphie											
	A1A Manuelle				A1B 50 bauds ⁽¹⁾				A1B 100 bauds				A2A Manuelle				A2B 24 bauds				F1B 50 bauds 2D = 200 Hz ⁽¹⁾				F1B 50 bauds 2D = 280 Hz ⁽¹⁾							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz						
Télégraphie A1A Réception auditive	13				13				13																13				13			
Télégraphie A1B Téléimprimeur, 50 bauds B = 500 Hz	13				11	0,36	0,44	1,41	(2)	(2)	(2)														13				13	0,46	0,54	1,24
Télégraphie A1B Enregistreur, 100 et 120 bauds B = ...	13				13				13																13				13			
Télégraphie A2A Réception auditive																																
Télégraphie A2B 24 bauds																																
Télégraphie F1B ⁽³⁾ Téléimprimeur, 50 bauds 2D = 280 Hz: B = 500 Hz					1,0	0,2	0,28	0,6	3																7				7,0	0,32	0,39	0,67
Télégraphie F1B Téléimprimeur, 50 bauds 2D = 400 Hz: B = 500 Hz					1,0				(2)	(2)	(2)														7				7			
Télégraphie F7B Téléimprimeur ARQ 100 bauds, 2D = ... B = ...	4				4				4																							
Télégraphie F7B Téléimprimeur ARQ 200 bauds 2D = 400 Hz: B = 500 Hz	4				4				(4)	(4)	(4)																					
Téléimprimeur F7B ⁽³⁾ , 50 bauds 2D = 1 200 Hz B = 1 200 Hz																									8				8			
Voie 1																																
Voie 2																																
Phototélégraphie R3C	16				16				16																16				16			
Phototélégraphie F3C 60 tours/min B = 1 000 Hz	15				15				15	1,00	1,20														15				15			
Téléphonie A3E DBL ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾	juste utilisable	13			13				13				1				1				21				21				21			
	qualité tout juste comm.	29			29				29				17				17				33				33				33			
	bonne qualité commerciale	56			56				56				44				44				60				60				60			
Téléphonie H3E	juste utilisable	7			7				7				-5				-5				15				15				15			
BLU porteuse entière ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	qualité tout juste comm.	23			23				23				11				11				27				27				27			
	bonne qualité commerciale	50			50				50				38				38				54				54				54			
Téléphonie R3E	juste utilisable	2			2				2				-10				-10				10				10				10			
BLU porteuse réduite ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	qualité tout juste comm.	18			18				18				6				6				22				22				22			
	bonne qualité commerciale	45			45				45				33				33				49				49				49			
Téléphonie J3E	juste utilisable	1			1				1				-11				-11				9				9				9			
BLU porteuse supprimée ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	qualité tout juste comm.	17			17				17				5				5				21				21				21			
	bonne qualité commerciale	44			44				44				32				32				48				48				48			
Téléphonie R8E, deux bandes latérales indépendantes porteuse réduite ou supprimée ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	juste utilisable	7			7				7				-5				-5				15				15				15			
	qualité tout juste comm.	23			23				23				11				11				27				27				27			
	bonne qualité commerciale	50			50				50				38				38				54				54				54			
J2B																																
H2A/H2B																																
Télégraphie harmonique multivoie J7B 250-3 000 Hz	17,5				17,5				17,5												20,5				20,5				20,5			
Télégraphie harmonique multivoie J7B 300-3 400 Hz ⁽⁸⁾	17,5				17,5	1,7	1,7	8,0	17,5	1,7	1,8	9,1									20,5	1,9	1,9	2,0	20,5				20,5			
Télégraphie harmonique multivoie R7B porteuse réduite	18,5				18,5				18,5												21,5				21,5				21,5			

Notes relatives au Tableau 1:

- * Dans l'indication des classes d'émission, B représente la largeur de bande du récepteur, $2D$ représente le déplacement de fréquence total.
- (¹) Largeur de bande des signaux brouilleurs limitée à 500 Hz.
- (²) Pour une probabilité d'erreur sur les caractères de 1/10 000.
- (³) Pour une probabilité d'erreur sur les caractères de 1/1 000.
- (⁴) Pour un facteur d'efficacité de 90%.
- (⁵) Pour la téléphonie, les valeurs des rapports de protection pour des conditions stables ont été déterminées d'après les informations contenues dans les Annexes 1 et 2. Les valeurs pour la téléphonie A3E sont seulement valables pour la réception avec un récepteur BLU.
- (⁶) Avec l'utilisation du réducteur de bruit pour le signal utile, les valeurs de la colonne 1 sont réduites de ... dB (à déterminer).
- (⁷) L'emploi de terminaux Lincompex pour l'émission du signal utile permet de réduire ... dB (à déterminer) les valeurs portées dans la colonne 1. Si l'émission brouilleuse est une émission de téléphonie pour laquelle on emploie des terminaux Lincompex, les valeurs portées dans la colonne 1 sont majorées de ... dB (à déterminer).
- (⁸) Les valeurs ont été déterminées d'après les informations contenues dans l'Annexe 3.
- (⁹) Taux moyen de modulation de 70%. Les bandes latérales s'étendent jusqu'à ± 3 kHz.
- (¹⁰) Marges combinées pour le coefficient de sécurité contre les évanouissements et le facteur de fluctuation d'intensité.
- (¹¹) La distribution de probabilité du rapport de deux signaux sujets à évanouissements de façon indépendante a été appliquée. La marge contre la fluctuation d'intensité combinée pour deux signaux a été prise égale à 7 dB, ce qui représente un compromis entre la valeur de 0 dB convenant au cas où il y a corrélation parfaite entre les fluctuations des deux signaux et celle de 14 dB convenant au cas où il n'y a aucune corrélation entre elles.
- (¹²) Pour une protection pendant 99,99% du temps.
- (¹³) Fondé sur un facteur d'efficacité de 90%.
- (¹⁴) Fondé sur une protection de 90%.

ANNEXE 1

Mesure des rapports de protection pour les émissions de la classe J3E**1. Introduction**

Le rapport de protection est défini au numéro S1.170 du Règlement des radiocommunications de la façon suivante:

«Rapport de protection (RF): Valeur minimale généralement exprimée en décibels du rapport signal utile/signal indésirable à l'entrée d'un récepteur, déterminé dans des conditions spécifiées, permettant d'obtenir une qualité de réception donnée du signal utile à la sortie du récepteur.»

L'étude des rapports de protection pour les télécommunications téléphoniques présente deux difficultés fondamentales. La première consiste à déterminer le type de rapport de puissance à appliquer, la seconde étant de déterminer exactement quel type d'évaluation doit être associé à la dégradation du service imputable au brouillage.

Le programme de mesure décrit dans la présente Annexe a été basé sur la Recommandation UIT-R F.339 où des rapports signal/bruit S/N en audiofréquence de 33, 15 et 6 dB donnent respectivement les qualités de service suivantes: «bonne qualité commerciale», «difficilement commerciale» et «juste utilisable». L'objectif était d'obtenir, pour divers signaux de brouillage, des rapports signal/brouillage S/I en audiofréquence qui donnent les mêmes notes d'opinion que celles qui correspondent aux S/N spécifiés.

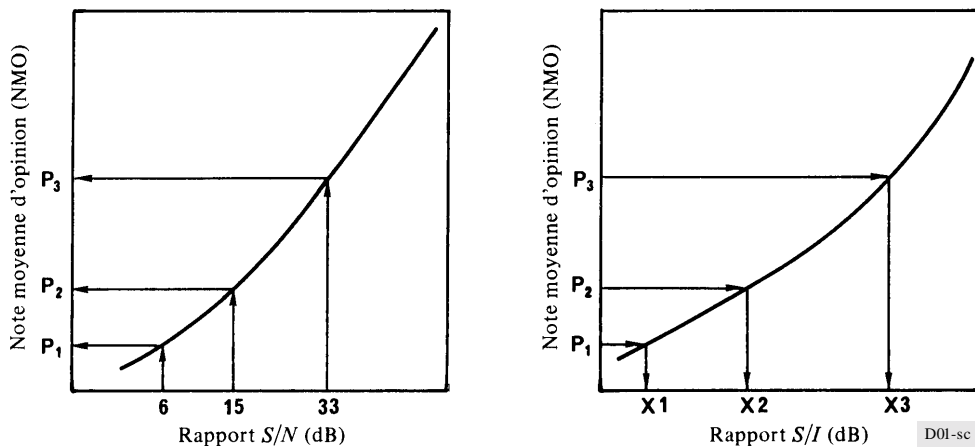
2. Mesures

2.1 Principe de mesures

Les courbes donnant la note moyenne d'opinion en fonction du rapport S/N et en fonction du rapport S/I ont été obtenues au moyen d'essais d'opinion. A partir de ces courbes, on a déterminé les rapports S/I (X_1, X_2, X_3) correspondant aux trois qualités de service citées ci-dessus pour les valeurs de notes moyennes d'opinion (P_1, P_2, P_3) correspondant à chacune des valeurs du S/N égales à 33, 15 et 6 dB (voir la Recommandation 339). Cette méthode est présentée à la Fig. 1.

FIGURE 1

Conversion du rapport signal/bruit S/N en rapport signal/brouillage S/I par l'intermédiaire de la note moyenne d'opinion



2.2 Signaux brouilleurs

Comme signaux brouilleurs, on a utilisé des émissions de classes A1B, F1B, F3C, F7B, J7B et J3E (voir le Tableau 2) qui ont été superposées aux émissions utiles J3E (signaux vocaux provenant de sujets masculins et féminins japonais). La fréquence centrale du signal brouilleur était fixée à 1400 Hz, sauf pour l'émission J7B qui occupait la bande de 0,3 à 3,0 kHz.

TABLEAU 2

Type de signal brouilleur

Classe d'émission	Déplacement de fréquence (Hz)	Rapidité de modulation (Bd)
A1B	—	100
F1B	400	200
F3C	800	(60 tours/min)
F7B	600	100
J7B	85/canal	100/canal
J3E	—	—

2.3 Méthode de mesure

2.3.1 Echantillons de parole et séquence d'envoi

Comme on peut le voir au Tableau 3, 29 échantillons de parole correspondant à 14 S/N différents et à 15 S/I différents ont été soumis de manière aléatoire aux auditeurs, aux fins d'évaluation. La durée de chaque échantillon soumis aux essais était de 5 s. Une période de silence de 10 s était ménagée entre chaque signal successif de 5 s pour permettre aux auditeurs d'inscrire dans le questionnaire une note sur la qualité de la parole.

TABLEAU 3

Exemple de séquence d'envoi aléatoire des échantillons de parole

Echantillon N°	Rapport de puissance (dB)		Séquence d'envoi
1	S/N	0 ⁽¹⁾	14
2		4	4
3		6	25
4		8	27
5		12	23
6		15 ⁽¹⁾	9
7		20	29
8		24	22
9		28 ⁽¹⁾	13
10		33	24
11		36	16
12		40 ⁽¹⁾	1
13		44	8
14		48 ⁽¹⁾	11
15	S/I	-8	19
16		-4 ⁽¹⁾	10
17		0	26
18		4 ⁽¹⁾	5
19		8 ⁽¹⁾	17
20		12 ⁽¹⁾	7
21		16	12
22		20	15
23		24	20
24		28	3
25		32	21
26		36 ⁽¹⁾	28
27		40	18
28		44 ⁽¹⁾	6
29		48	2

Note 1 – On a retenu, pour l'essai préliminaire, les échantillons et la séquence d'envoi indiqués ci-dessus, avec F1B comme signal brouilleur.

⁽¹⁾ Ces rapports de puissance ont été choisis pour les essais détaillés.

2.3.2 Note moyenne d'opinion

La qualité de la parole a été évaluée à l'aide d'une échelle de notation à cinq degrés (Référence: § 3 du Supplément N° 2, au Tome V du Livre jaune du CCITT) de la façon suivante:

- 4 détente absolue; aucun effort
- 3 attention nécessaire; pas d'effort appréciable

- 2 effort modéré
- 1 effort considérable
- 0 signification incompréhensible en dépit de tous les efforts possibles.

La note moyenne d'opinion a été calculée en faisant la moyenne des notes données par 12 auditeurs japonais (5 hommes et 7 femmes).

2.3.3 Conditions d'audition

Pour les essais d'écoute, on a appliqué les conditions normalisées indiquées dans la Recommandation UIT-T P.74 et dans son Supplément N° 2 et présentées ci-après:

- Téléphone: N° 601 (avec effet local)
- Bruit de salle +36 dB (A)
- Niveau de pression acoustique: 75-80 dB.

2.3.4 Fixation des rapports S/N et S/I

La Fig. 2 donne un diagramme schématique de la configuration utilisée pour les essais. Les bandes magnétiques employées pour les mesures ont été préparées comme suit:

- les signaux de parole et les signaux de brouillage ont été préenregistrés séparément sur des bandes magnétiques analogiques. Ces signaux ont été reproduits, convertis en signaux numériques par un convertisseur A/N (12 bits) et enregistrés sur bande magnétique analogique sous forme de données numériques (BM-A). La fréquence d'échantillonnage pour la conversion analogique/numérique était de 8 kHz;
- l'ordinateur (unité centrale de traitement) a effectué le calcul de la puissance moyenne du signal vocal utile, du signal brouilleur et du bruit ainsi que le coefficient α qui donne le S/I ou le S/N souhaité à partir de l'équation suivante:

$$S/I \text{ (ou } S/N) = 10 \log \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (\alpha d_k)^2}$$

où:

d_i : échantillon de l'amplitude du signal utile

d_k : échantillon de l'amplitude du signal brouilleur

α : coefficient constant pour la fixation du rapport S/N ou S/I ;

- les rapports S/I ou S/N prédéterminés de l'échantillon de parole d'essai S_i ont été obtenus en multipliant chaque échantillon de l'amplitude du signal brouilleur d_k par α et en ajoutant le résultat à la valeur de l'échantillon de l'amplitude du signal utile d_i . Cette somme était ensuite convertie en signal analogique par le convertisseur N/A ($S_i = \alpha d_k + d_i$).

Les rapports mesurés puissance moyenne/puissance de crête des signaux sont présentés au Tableau 4.

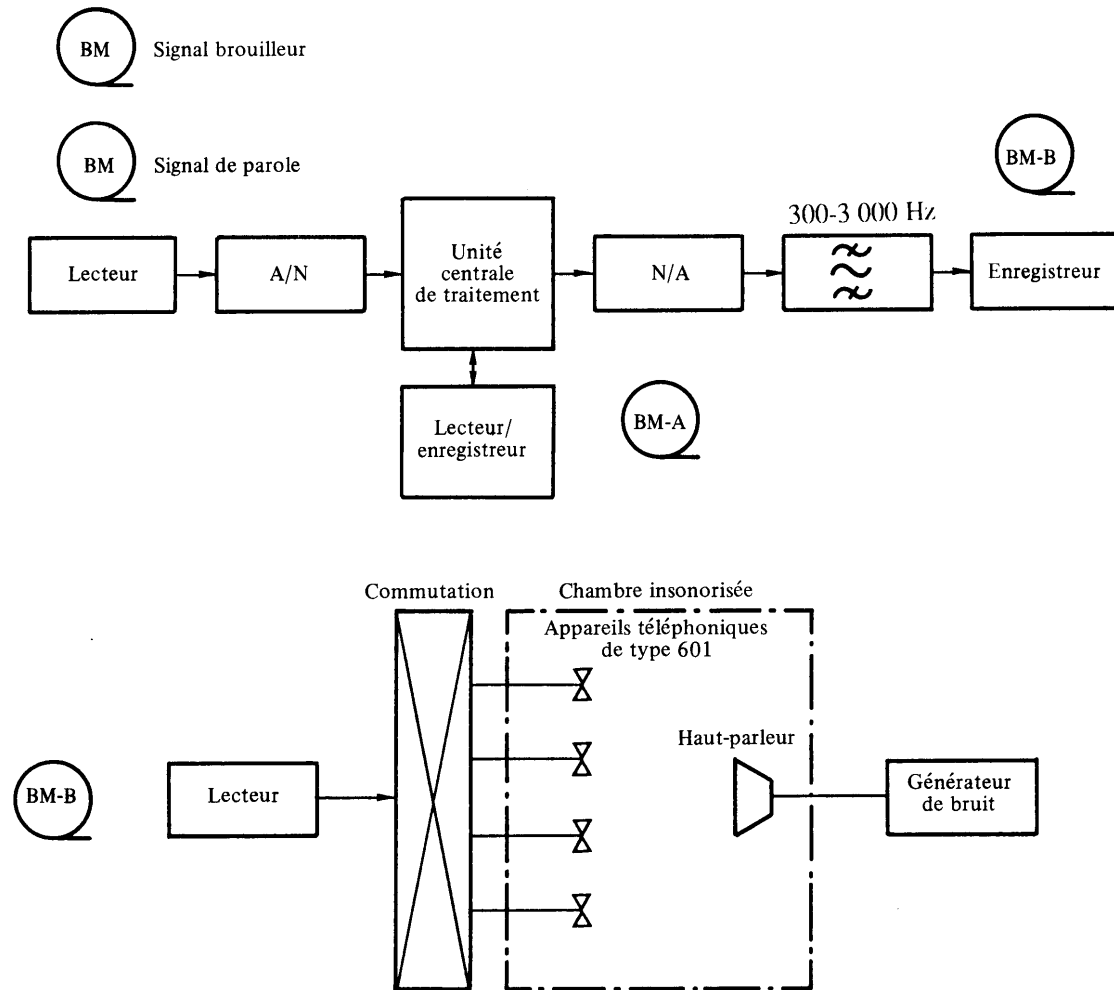
2.3.5 Détermination de la séquence d'envoi des échantillons de parole

La séquence d'envoi des 29 échantillons de parole émis de façon aléatoire est donnée au Tableau 3 à titre d'exemple. Les signaux numériques de chaque échantillon ont été convertis en signaux analogiques par le convertisseur N/A et enregistrés sur la bande magnétique (BM-B) après passage dans un filtre passe-bande à 3 kHz.

Les opérations exposées ci-dessus sont effectuées automatiquement par l'ordinateur.

FIGURE 2

Configuration utilisée pour les essais



BM: bande magnétique

D02-sc

TABLEAU 4

Rapports mesurés puissance moyenne/puissance de crête

Classe d'émission	Puissance moyenne (1) par rapport à la puissance de crête (dB)	Puissance moyenne (2) par rapport à la puissance de crête (dB)
J3E	-15	-17,5
A1B	0	-3,2
F1B	0	0
J7B	-11	-

(1) On a établi la moyenne de cette puissance moyenne pendant que le niveau de signal dépassait un certain seuil qui était négligeable.

(2) On a établi la moyenne de cette puissance moyenne sur l'ensemble du temps y compris lorsqu'il n'y avait pas de signal.

3. Résultats des mesures

3.1 Note moyenne d'opinion (NMO) en fonction du rapport signal/bruit S/N

Comme le montre le Tableau 3, pour chaque groupe de 29 échantillons de parole, on mesure la NMO pour les rapports S/I et S/N . On utilise ensuite ces valeurs de NMO par rapport aux valeurs S/N pour obtenir les rapports S/I correspondant aux qualités de service: «juste utilisable», «difficilement commerciale» et «bonne qualité commerciale».

En faisant la moyenne des 480 valeurs recueillies sur la NMO pour chacun des 14 rapports S/N soumis aux essais, on obtient une valeur moyenne qui comporte une petite erreur. L'intervalle de confiance de 95% calculé pour chacune des valeurs moyennes S/N varie entre 0,072 et 0,039.

Les valeurs moyennes des NMO ainsi obtenues pour 14 cas de S/N sont représentées dans les Fig. 3 à 8 par des points dans des cercles noirs.

3.2 Note moyenne d'opinion (NMO) en fonction du rapport signal/brouillage S/I

De même, pour les NMO en fonction du rapport S/I , les valeurs des NMO correspondant aux valeurs des rapports S/I pour les trois qualités de service sont obtenues par interpolation ou extrapolation entre les deux valeurs moyennes de S/I comme l'indiquent les Fig. 3 à 8.

Sur ces figures, chaque valeur représente la moyenne de 240 essais de NMO pour chaque rapport S/I et les valeurs P_1 , P_2 et P_3 représentent respectivement les qualités de service: «juste utilisable», «difficilement commerciale» et «bonne qualité commerciale».

Pour la mesure du rapport S/I , on a effectué des essais détaillés uniquement pour un nombre limité de valeurs du rapport S/I (6 points représentés sur les Fig. 3 à 8 par des carrés noirs), dont on attendait des valeurs de NMO très proches de celles du rapport S/N correspondant aux trois qualités de service, afin d'augmenter la fiabilité des essais et de gagner du temps.

L'intervalle de confiance calculé pour l'ensemble des NMO en fonction des valeurs du rapport S/I allait de 0,06 à 0,117 pour les essais de la classe J7B.

4. Remarques

4.1 Note moyenne d'opinion

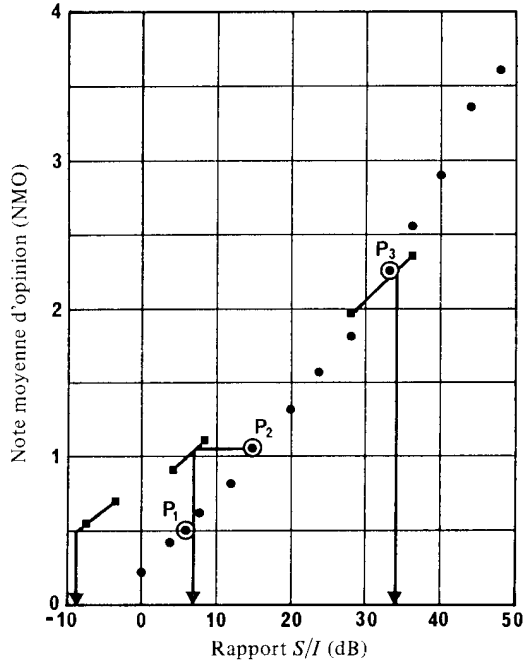
Il est intéressant de noter que les courbes du NMO en fonction du S/I et les courbes du NMO en fonction du S/N se recoupent pour certains S/I et certains S/N ainsi qu'on peut le voir dans les Fig. 3 à 8 alors que rien ne le laissait prévoir avant les mesures. Par exemple, quand le brouillage était constitué par une émission F1B ou A1B, le bruit était plus désagréable que le signal brouilleur quand le S/I était faible. Au contraire, le signal brouilleur était plus irritant que le bruit blanc gaussien quand le S/I était élevé, car le signal brouilleur se reconnaît facilement.

4.2 Rapports de protection

En se basant sur les mesures ci-dessus, on a obtenu les rapports S/I nécessaires pour les émissions de classe J3E contre divers signaux brouilleurs (Tableau 5). Afin d'obtenir les rapports de protection RF pour les émissions de classe J3E, il faut convertir les valeurs du Tableau 5 en utilisant les relations qui existent entre les rapports de puissance de divers types d'émissions brouilleuses. Les facteurs de conversion permettant d'obtenir les rapports de protection pour divers types d'émissions contre différents signaux brouilleurs sont examinés dans l'Annexe 2.

FIGURE 3

Note moyenne d'opinion
pour un signal de parole avec brouillage A1B



Note 1 — Le signe • des Figs. 3 à 8 indique la valeur de la NMO pour le rapport S/N (en dB).

Note 2 — P₁, P₂ et P₃ représentent les qualités de service: «juste utilisable», «difficilement commerciale» et «bonne qualité commerciale».

FIGURE 4

Note moyenne d'opinion
pour un signal de parole avec brouillage F1B

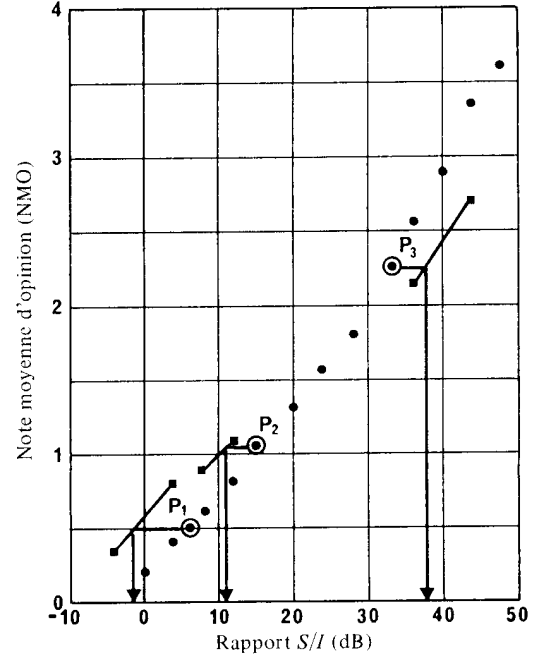


FIGURE 5

Note moyenne d'opinion
pour un signal de parole avec brouillage F3C

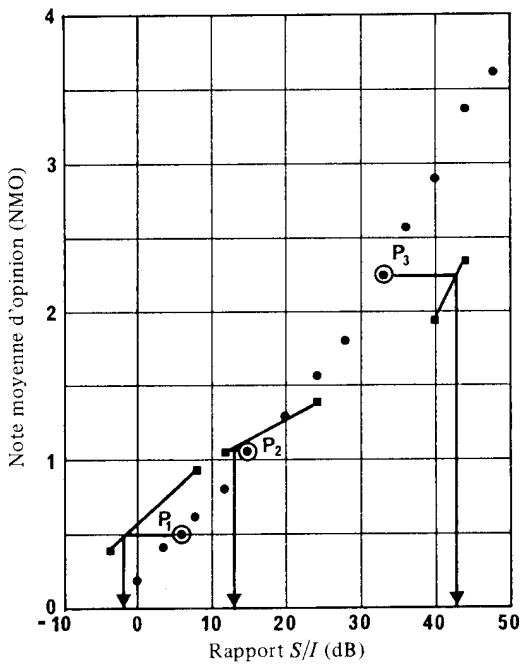


FIGURE 6

Note moyenne d'opinion
pour un signal de parole avec brouillage F7B

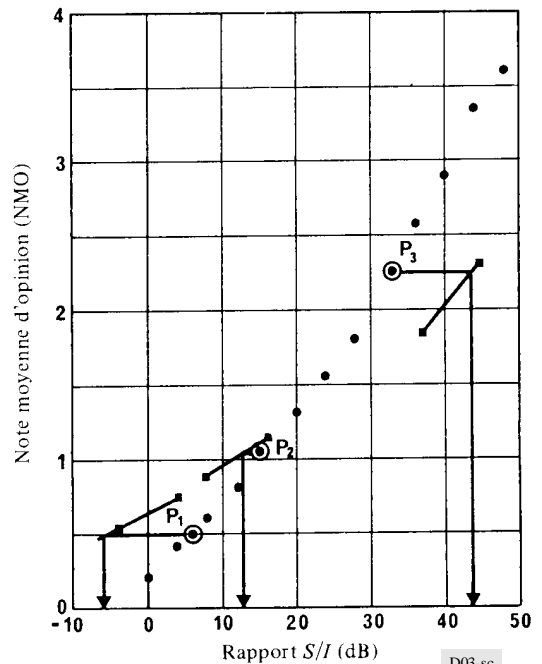


FIGURE 7

Note moyenne d'opinion
pour des signaux de parole avec brouillage J7B

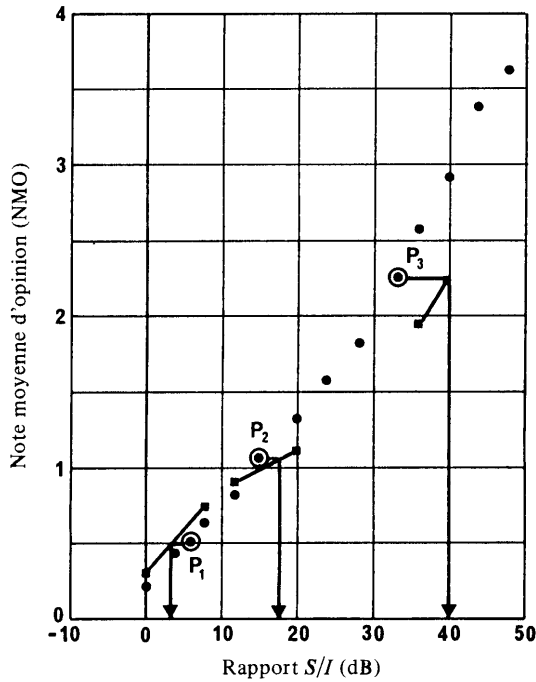
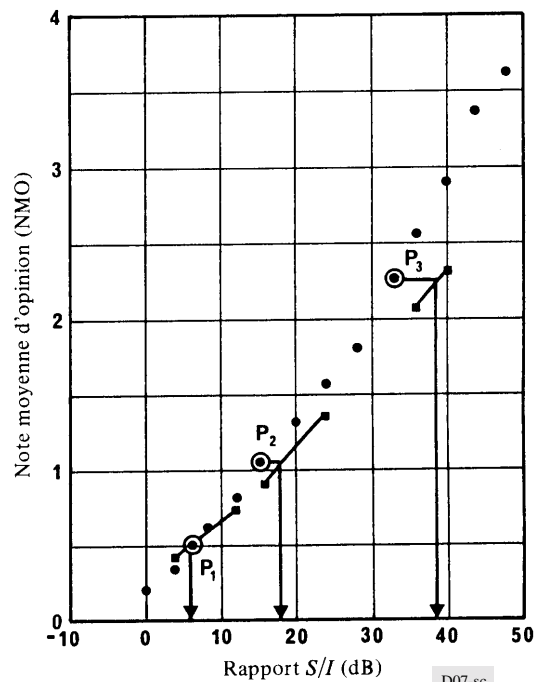


FIGURE 8

Note moyenne d'opinion
pour des signaux de parole avec brouillage J3E



D07-sc

TABLEAU 5

Rapports signal/brouillage S/I nécessaires pour les émissions
de la classe J3E contre divers signaux brouilleurs

Type de signal brouilleur	Rapports signal/brouillage nécessaires (dB)		
	Juste utilisable	Difficilement commerciale	Bonne qualité commerciale
A1B	-9 (-17)	7 (-8)	34 (10)
F1B	-1 (-6)	11 (3)	38 (21)
F3C	-2 -	13 -	43 -
F7B	-5 -	13 -	44 -
J7B	4 -	18 -	40 -
J3E	6 -	18 -	39 -
Bruit blanc gaussien	6 (5)	15 (14)	33 (32)

Note 1 – Les valeurs entre parenthèses dans chaque colonne sont les rapports de protection qui figurent dans le Rapport 525 (Düsseldorf, 1990) de la Commission d'études 1.

Note 2 – Les puissances du signal audiofréquence correspondant à A1B et J3E ont été mesurées alors que le niveau du signal dépassait un seuil spécifié.

Facteurs de conversion permettant d'obtenir les rapports de protection

1. Introduction

Les rapports de protection pour les classes d'émission radiotéléphonique J3E, R3E, H3E, A3E et B8E sont indiqués dans le Tableau 1. Ces valeurs sont dérivées des résultats de mesure des rapports de protection pour la classe d'émission J3E indiqués dans l'Annexe 1.

La présente Annexe décrit le mode de conversion entre les données mesurées de la puissance moyenne contenues dans l'Annexe 1 et les rapports de protection contenus dans la présente Recommandation. Ces rapports de protection sont exprimés en termes de puissance en crête PX .

Les valeurs des rapports de protection pour les classes d'émission non téléphonique telles que A1A, A1B, A2A, A2B, F1B, F7B, R3C, F3C, J7B et les émissions de classe R7B peuvent aussi s'obtenir en appliquant le concept des facteurs de conversion.

2. Calcul des rapports de protection

2.1 Méthode de calcul

On peut obtenir les rapports de protection pour différents signaux radiotéléphoniques en utilisant les rapports signal/brouillage S/I nécessaires pour protéger l'émission de classe J3E contre les différents signaux de brouillage présentés dans le Tableau 5 et les facteurs de conversion figurant dans le Tableau 6 lorsque les signaux brouilleurs sont des signaux radiotéléphoniques. Lorsque les signaux brouilleurs sont des signaux radiotélégraphiques, il faut tenir compte de ce qui suit:

- dans le cas d'émissions de classes F1B, F7B et F3C, la valeur PX est égale à la puissance moyenne PY :
 - la valeur PX de la classe d'émission J7B est supérieure de 6 dB à la valeur PY ;
 - la valeur PX de la classe d'émission R7B est supérieure de 7 dB à la valeur PY ;
 - la valeur PX des classes d'émission A1B et J2B (porteuse négligeable) est supérieure de 3 dB à la valeur PY ;
 - la valeur PX de la classe d'émission H2A/H2B est supérieure de 6 dB aux valeurs PY et égale à la valeur PX de la classe d'émission J2B;
 - la valeur PX de la classe d'émission R3C est supérieure de 1 dB aux valeurs PY ;
 - la valeur PX des classes d'émission A1A et A1B (50 Bd) est égale à celle de la classe d'émission A1B (100 Bd);
 - la valeur PX de la classe d'émission A2A est égale à celle de la classe d'émission A2B;
 - le niveau de brouillage en provenance de la classe d'émission F1B ou F7B est le même, indépendamment du débit sur le canal ou de l'excursion de fréquence.

2.2 Classe d'émission J3E

Les valeurs indiquées dans le Tableau 5 sont de -1, 11 et 38 dB respectivement pour une qualité «juste utilisable», «difficilement commerciale» et «bonne qualité commerciale» lorsque le signal brouilleur est une émission de classe F1B à 200 Bd avec déplacement de 400 Hz.

La puissance d'émission étant généralement définie comme la puissance en crête PX , le rapport de protection doit être exprimé, à des fins pratiques, par le rapport des puissances de crête PX . Les rapports de protection pour la classe d'émission J3E exprimés par les rapports des puissances de crête PX dans des conditions stables sont alors de 9, 21 et 48 dB, puisque les rapports de puissance entre les valeurs PX et PY sont respectivement de 10 à 0 dB pour les classes d'émission J3E et F1B.

TABLEAU 6

Facteurs de conversion

Classe d'émission	$PX-PZ$ (dB)	$PX-Pys$ (dB)	$Pxs-Pys$ (dB)	$PX-Pxs$ (dB)
J3E	> 40	10	10	0
R3E	20	11	10	1
H3E	6	16	10	6
A3E	6	22	10	12
B8E	> 40 ou 20	16	10	6

PX : puissance en crête

PZ : puissance de la porteuse

Pxs : puissance en crête d'une voie téléphonique, c'est-à-dire puissance d'une oscillation sinusoïdale de référence

Pys : puissance moyenne d'une voie téléphonique

2.3 Classes d'émission R3E, H3E et A3E

Les puissances de crête PX des classes d'émission R3E, H3E et A3E sont supérieures respectivement de 1, 6 et 12 dB à la puissance de crête PX de la classe d'émission J3E lorsque la valeur PX d'une bande latérale est égale à la puissance de référence. Les rapports de protection pour les classes d'émission R3E, H3E et A3E doivent donc être supérieurs de 1, 6 et 12 dB aux rapports de protection pour la classe d'émission J3E.

Le rapport de protection pour la classe d'émission A3E utilisant les facteurs de conversion ci-dessus n'est applicable qu'à la réception à l'aide d'un récepteur BLU, car on admet que la fréquence centrale du signal brouilleur est de 1,4 kHz supérieure à la fréquence de la porteuse pour la classe d'émission A3E.

2.4 Classe d'émission B8E

Pour les émissions multivoies de la classe B8E, on suppose que le rapport de protection est obtenu lorsque l'une des voies de l'émission utile est dégradée par une émission brouilleuse. Dans ce cas, la bande occupée par l'émission brouilleuse se situe entièrement dans une bande donnée (environ 3 kHz pour une voie téléphonique) ou la couvre totalement. Les rapports de protection pour les émissions B8E multivoies peuvent être obtenus en utilisant les facteurs de conversion donnés au Tableau 6.

Lorsque la valeur PX d'une voie téléphonique de la classe d'émission B8E est égale à celle de l'émission de classe J3E, la valeur PX de l'émission de classe B8E devient supérieure de 6 dB à la valeur PX de l'émission de classe J3E. Cela signifie que le rapport de protection pour des émissions de classe B8E à 2 ou 4 voies sera supérieur de 6 dB à celui de l'émission de classe J3E.

Par ailleurs, lorsqu'une émission de classe R3E, B8E ou J3E est une émission brouilleuse, on peut calculer le rapport de protection pour les émissions de classe B8E multivoies en utilisant les facteurs de conversion du Tableau 6 et en admettant que les fréquences porteuses des émissions utiles et brouilleuses sont égales et les effets causés par les porteuses des émissions utiles et brouilleuses peuvent ne pas être pris en considération.

3. Hypothèses admises pour les facteurs de conversion

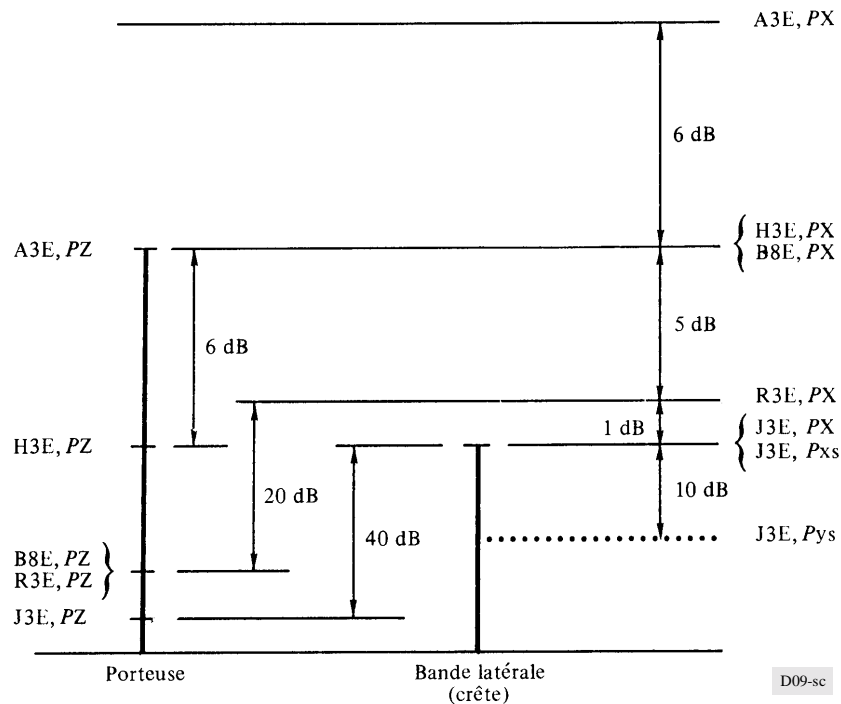
Les hypothèses suivantes ont été faites lors de l'élaboration du Tableau 6 et de la Fig. 9.

3.1 Classe d'émission J3E

Pour la classe d'émission J3E, la puissance du signal dans la bande latérale, correspondant à une modulation à 100%, est identique à sa puissance en crête.

FIGURE 9

Relations entre les valeurs PX , PY , PZ , Pxs et Pys des émissions de classes J3E, R3E, H3E, A3E et B8E



3.2 Classe d'émission R3E

Pour la classe d'émission R3E, on utilise le niveau de porteuse pilote de -20 dB par rapport à la puissance en crête; la puissance du signal dans la bande latérale, correspondant à une modulation à 100%, est inférieure de 1 dB à la puissance en crête (voir la Note 24 du Tableau 1 de la Recommandation UIT-R F.339).

3.3 Classe d'émission H3E

Pour la classe d'émission H3E, les puissances du signal dans la bande latérale et de la porteuse pilote, correspondant à une modulation à 100%, sont chacune de -6 dB par rapport à la puissance en crête. Un récepteur BLU est utilisé pour la réception. (Voir la Note 23 du Tableau 1 de la Recommandation UIT-R F.339.)

3.4 Classe d'émission A3E

Pour la classe d'émission A3E, on utilise le niveau de porteuse de -6 dB par rapport à la puissance en crête; la puissance d'un signal dans la bande latérale, correspondant à une modulation à 100%, est inférieure de 6 dB à la puissance de la porteuse. Un récepteur BLU est utilisé pour la réception.

3.5 Classe d'émission B8E

Pour la classe d'émission B8E multivoies, la référence est la puissance d'une oscillation sinusoïdale qui modulerait l'émetteur au quart (-6 dB) de sa puissance en crête.

Pour la classe d'émission B8E à trois ou quatre voies, on admet que chaque voie comporte des signaux modulants indépendants (voir les Notes 2 et 3 du Tableau 1 de la Recommandation UIT-R SM.326).

3.6 Puissance moyenne du signal de parole

Pour un texte lu d'une voix égale, la puissance moyenne du signal de parole est inférieure de 10 dB à la puissance d'une oscillation sinusoïdale de référence (voir la Note 2 du Tableau 1 de la Recommandation UIT-R SM.326).

ANNEXE 3

Mesure des rapports de protection et de l'écart de fréquence minimal nécessaire pour la classe d'émission J7B

1. Introduction

La Recommandation 240 (Genève, 1982) définit *l'écart de fréquence nécessaire* comme étant celui compris entre «la fréquence assignée d'un signal utile et celle d'un signal brouilleur d'un niveau supérieur respectivement de 0, 6 ou de 30 dB» (le numéro S1.148 du Règlement des radiocommunications définit la fréquence assignée comme étant le «centre de la bande de fréquences assignée à une *station*»).

L'une des méthodes les plus prometteuses de transmission numérique en ondes décamétriques est la transmission, sur une seule voie radioélectrique multiplexée, de trains de bits individuels modulant en fréquence des sous-porteuses dans la bande des fréquences vocales. Selon le Règlement des radiocommunications, ces modes d'exploitation correspondent aux classes d'émission J7B et R7B. Tous les types de fonctionnement possibles faisant appel aux fréquences de la bande vocale doivent être considérés comme des sources de signaux brouilleurs aux fins du calcul des rapports de protection.

L'estimation théorique de l'effet des signaux brouilleurs sur les signaux de télégraphie multivoies constitue généralement un problème analytique non linéaire d'une grande complexité en régime non permanent des voies, problème qui ne peut être résolu que sur la base d'hypothèses très simplificatrices.

C'est pourquoi nous donnons dans la présente Annexe des résultats expérimentaux, obtenus dans des conditions stables, sur l'effet de signaux brouilleurs des classes d'émission A1B, F1B et F7B, qui sont largement utilisés pour transmettre l'information numérique dans les bandes d'ondes décamétriques, sur un signal utile de la classe J7B.

2. Expérimentation

2.1 Mesure des rapports de protection

Dans la pratique, on peut obtenir les rapports de protection en utilisant le circuit représenté dans la Fig. 10.

Le signal utile utilisé était de classe d'émission J7B. Le signal de bande de base, dans la bande 300-3 400 Hz, était composé de 6 sous-voies sur les fréquences données par l'expression:

$$f_n = 600 + (n - 1) 480 \text{ (Hz)}$$

où n est le numéro de la sous-voie. Ces fréquences sont donc les suivantes: 600, 1 080, 1 560, 2 040, 2 520 et 3 000 Hz. Elles sont en accord avec la Recommandation UIT-T R.38A. Les filtres de voies ont une bande passante de 270 Hz.

L'information numérique était transmise sur chacune de ces six sous-voies au débit de 200 bit/s, par modulation de fréquence à bande étroite de la sous-porteuse f_n avec un indice de modulation de 0,6. Pour l'expérimentation, on a utilisé comme sources d'information numérique six générateurs de séquences pseudo-aléatoires indépendants produisant des séquences d'impulsions récurrentes de 511 bits.

Ainsi, à la sortie du modem d'émission, le signal utile avait une largeur de bande effective de 300-3 400 Hz (conformément à la Recommandation UIT-T R.38A) et une puissance moyenne constante. On s'est servi de ce signal pour moduler l'émetteur radioélectrique en mode à bande latérale unique avec onde porteuse supprimée.

Les caractéristiques principales du signal brouilleur sont données dans le Tableau 7.

Les signaux brouilleurs étaient fournis directement par l'étage d'excitation d'un émetteur radioélectrique conçu pour fonctionner dans les classes d'émission étudiées (Tableau 7).

Les signaux numériques produits par les générateurs de séquences pseudo-aléatoires (semblables à ceux utilisés pour le modem du signal utile) étaient appliqués à l'entrée de l'excitateur, aux débits de 50, 100 et 200 bit/s. L'effet du brouillage sur le signal utile était calculé séparément pour chaque classe d'émission du signal brouilleur, en changeant à chaque fois les modes de fonctionnement de l'excitateur.

Le but de l'étude étant de déterminer le rapport de protection dans des conditions stables, les émetteurs radioélectriques pouvaient être directement reliés à l'entrée du récepteur.

FIGURE 10
Circuit utilisé pour la mesure des rapports de protection

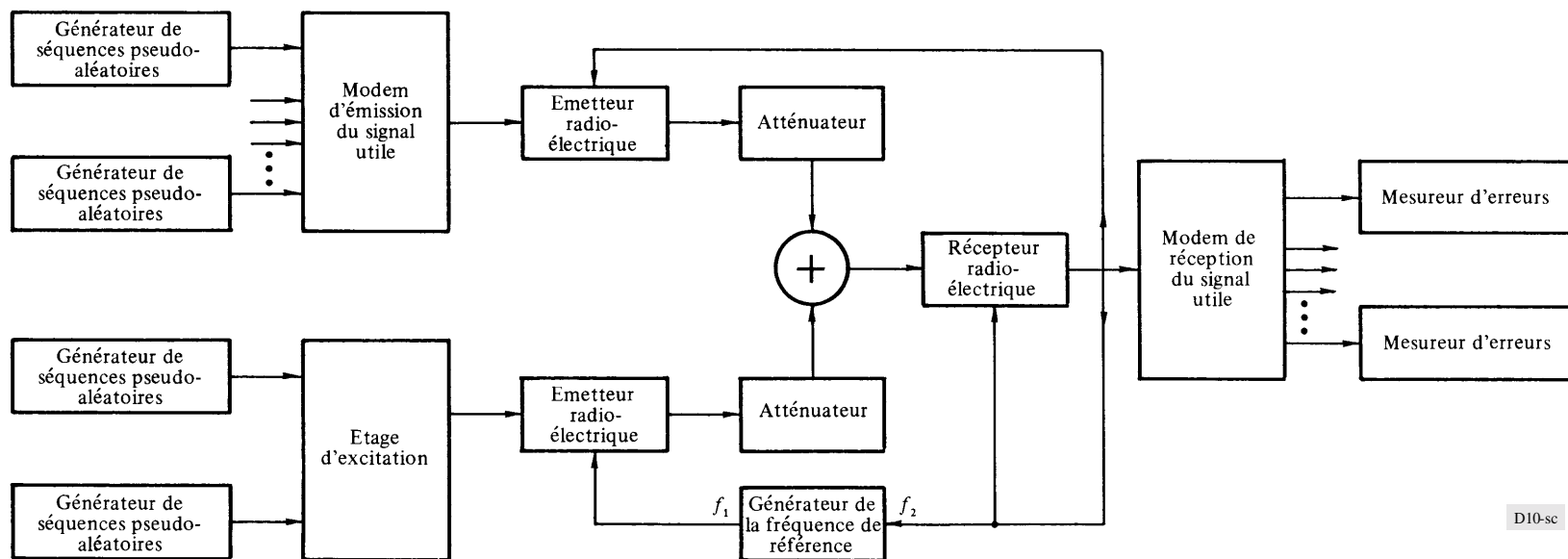


TABLEAU 7

Caractéristiques principales du signal brouilleur

Signal brouilleur	Déplacement de fréquence total $2D$ (Hz)	Rapidité de modulation (bit/s)
A1B, télégraphie		50
		100
F1B, télégraphie (une voie)	200	50
	400	
	400	100
	500	100
F7B, télégraphie (deux sous-voies dans la bande 300-3 400 Hz)	1 500	2×100
	3 000	2×200

Comme la détermination des rapports de protection implique l'obtention du rapport signal/brouillage minimum pour lequel une qualité de liaison donnée est maintenue sur chacune des sous-voies et comme le spectre du brouillage est plus étroit que le spectre du signal multivoies, on a prévu, sur le circuit expérimental, la possibilité de modifier la fréquence de travail f_1 de l'émetteur radioélectrique du signal brouilleur par rapport à la fréquence f_2 du récepteur à bande latérale unique; on utilisait pour cela un générateur de fréquence de référence fonctionnant par échelons de 100 Hz. Ainsi, avec un échelon de 100 Hz et des fréquences centrales des sous-voies de 600, 1 080, 1 560, 2 040, 2 520 et 3 000 Hz, la fréquence centrale du brouillage était décalée de 20, 40, 60, 80 et 100 Hz, respectivement, par rapport aux fréquences centrales des sous-voies.

Cela a permis d'établir le point pour lequel l'effet du brouillage est le plus important sur une sous-voie, avec une précision de fréquence de 20 Hz.

On a estimé l'effet du brouillage sur le signal utile en considérant la probabilité d'erreur maximale dans l'une quelconque des sous-voies du signal utile dans le modem de réception.

Dans les conditions expérimentales, le taux d'erreur binaire maximal dans l'une quelconque des sous-voies ne devait pas dépasser 1×10^{-4} , ce qui correspond à la valeur nominale acceptée de la qualité de transmission des données numériques en ondes décimétriques. Par conséquent, quand le spectre de brouillage était décalé par rapport à la bande de travail du récepteur BLU, le point choisi était celui pour lequel le taux d'erreur le plus élevé était observé sur chacune des sous-voies du modem de réception du signal utile. On a utilisé un atténuateur pour déterminer un niveau de brouillage minimal pour lequel, sur la sous-voie la plus affectée par le brouillage, la probabilité d'erreur sur les symboles binaires ne dépassait pas 1×10^{-4} . Ce point caractérise le niveau de brouillage admissible et aussi, par conséquent, le rapport de protection pour un signal multivoies.

On a mesuré le niveau du brouillage et le niveau du signal utile à l'entrée du récepteur avec un voltmètre mesurant les valeurs efficaces.

Le résultat des mesures pour les différentes classes de signaux brouilleurs est donné dans la colonne 1 du Tableau 8.

2.2 Détermination de l'écart minimal entre les fréquences

Pour obtenir une utilisation efficace du spectre des fréquences radioélectriques (indépendamment des valeurs maximales du rapport de protection signal/brouillage qui sont obtenues lorsque le spectre du signal utile et celui du signal brouilleur se chevauchent), il est important de connaître la valeur minimale de l'écart entre les fréquences assignées au signal utile et au signal brouilleur lorsque la puissance du signal brouilleur est égale à celle du signal utile, 0 dB, ou lorsqu'elle la dépasse de 6 et 30 dB.

TABLEAU 8

Résultats des mesures des rapports de protection et de l'écart de fréquence

Signal utile		Signal brouilleur: Classe d'émission F1B																			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz					
Télégraphie (multivoie) Classe d'émission J7B B = 3 100 Hz	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Hz	14,5	1,9	1,9	2,0	14,5	1,9	1,9	2,1	14,5	1,9	1,9	2,8	14,5	2,0	2,0	2,9	14,5	1,9	2,0	3,1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1 440 Hz	9,5	1,7	1,8	2,5	9,5	1,8	1,9	2,6	9,5	1,6	1,9	2,7	9,5	1,9	2,0	2,8	9,5	1,9	2,0	2,8

(Suite)

Signal utile		Signal brouilleur: Classe d'émission A1B								Signal brouilleur: Classe d'émission F7B							
		50 Bd				100 Bd				100 Bd 2D = 1 500 Hz				200 Bd 2D = 3 000 Hz			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz	
Télégraphie (multivoie) Classe d'émission J7B B = 3 100 Hz	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Hz	14,5	1,7	1,7	8,0	14,5	1,7	1,8	9,1	14,5	2,4	2,5	3,5	14,5	3,2	3,3	5,1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1 440 Hz	10,5	1,7	1,7	8,0	10,5	1,7	1,7	8,1	10,5	2,4	2,5	3,5	10,5	2,8	2,9	4,7

⁽¹⁾ Voies à 6 × 200 Bd⁽²⁾ Voies à 3 × 200 Bd

Les numéros S1.148 et S1.149 du Règlement des radiocommunications définissent les fréquences assignées des classes d'émission concernées comme étant le centre des bandes de fréquences nécessaires des émissions correspondantes. Ainsi, pour un signal utile J7B, la fréquence assignée correspond à la fréquence centrale de la bande 300-3 400 Hz occupée par le spectre du signal de bande de base, avec des espacements entre sous-porteuses donnés dans la Recommandation UIT-T R.38A.

On a utilisé le circuit de la Fig. 10 pour mesurer l'écart minimal entre les fréquences.

Dans l'expérimentation, on a mesuré la valeur de la différence ($f_2 - f_1$) avec une précision de 100 Hz, la probabilité d'erreur ne dépassant pas 1×10^{-4} sur toutes les sous-voies du modem de réception du signal utile.

Les résultats des mesures sont consignés dans le Tableau 8 pour des rapports signal/brouillage de 0 dB, -6 dB et -30 dB, dans les colonnes 2, 3 et 4 respectivement.

2.3 Mesures en mode multiplex 2AT

Les mesures décrites aux § 2.1 et 2.2 ci-dessus ont aussi été effectuées en mode multiplex 2AT.

Pour les mesures en mode 2AT, le signal multiplex utile choisi dans la gamme 300-3 400 Hz, est formé de trois voies partielles indépendantes, l'information étant transmise sur chacune d'elles par manipulation à deux fréquences avec passage de la fréquence à 1 440 Hz.

Le Tableau 9 donne les fréquences des éléments travail et des éléments repos pour chacune des trois voies dans l'intervalle 300-3 400 Hz.

TABLEAU 9

N° de la voie 2AT	Travail (Hz)	Repos (Hz)
1	600	2 040
2	1 080	2 520
3	1 560	3 000

Les résultats des mesures sont indiqués aussi dans les colonnes appropriées du Tableau 8.

3. Conclusions

Pour la transmission de l'information numérique sur des voies en ondes décimétriques utilisant la modulation de fréquence de sous-porteuses dans la bande des fréquences vocales avec un taux d'erreur binaire ne dépassant pas 1×10^{-4} dans des conditions stables, le rapport de protection minimum pour les différents types de signaux brouilleurs considérés ne doit pas être inférieur à 14,5 dB.

On a également déterminé expérimentalement les valeurs de l'écart minimal nécessaire entre les fréquences.

Ces mesures ont été utilisées pour réviser le Tableau 1 pour ce qui concerne le signal utile J7B et neuf types de signaux brouilleurs.
