

RECOMMANDATION UIT-R SNG.1421*

**PARAMÈTRES COMMUNS DE FONCTIONNEMENT POUR
ASSURER L'INTEROPÉRABILITÉ DE LA TRANSMISSION
NUMÉRIQUE DE REPORTAGES D'ACTUALITÉS
PAR SATELLITE TÉLÉVISÉES**

(Question UIT-R 249/4)

(1999)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, pour faciliter la couverture internationale des événements d'actualité, il est nécessaire d'adopter des paramètres de fonctionnement unifiés pour le reportage d'actualités par satellite (RAS) numérique, afin d'assurer l'interopérabilité d'équipements provenant de différents fabricants;
- b) que la Recommandation UIT-R SNG.1007 fournit des normes techniques unifiées (applicables aux systèmes numériques) pour le RAS,

recommande

1 que l'on se conforme, pour les équipements RAS numériques, aux paramètres de fonctionnement unifiés décrits dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

1 Champ d'application

Selon la Recommandation UIT-R SNG.770, le RAS est défini comme suit: «Transmission temporaire et occasionnelle avec un court préavis de signaux télévisuels ou de signaux sonores pour la radiodiffusion; ce service utilise des stations terriennes très facilement portables ou transportables ... ». L'équipement doit pouvoir transmettre sur une liaison montante le programme (ou les programmes) vidéo et le son associé ou des signaux radiophoniques.

Par ailleurs, une capacité de réception minimale doit être disponible dans la station RAS sur la liaison montante pour faciliter le pointage de l'antenne et pour contrôler les signaux émis, si possible.

L'équipement doit être en mesure de fournir des circuits de communication bidirectionnels et d'assurer la transmission de données conformément au § 4.

La présente Recommandation reprend le plus grand nombre possible de caractéristiques figurant aussi dans la Recommandation UIT-R BO.1211, à savoir le multiplexage du flux de transport, l'embrouillage des données pour la dispersion d'énergie, la stratégie de protection contre les erreurs en chaîne fondée sur le codage Reed-Solomon (RS), l'entrelacement convolutif et le codage interne convolutif. Le système de base tient compte de tous les formats de transmission indiqués dans la Recommandation UIT-R BO.1211, fondés sur la modulation par quadrature de phase (MDP-4). Toutefois, il est possible d'utiliser des schémas de modulation plus efficaces au niveau de l'utilisation du spectre comme la modulation par déplacement de phase à huit états (MDP-8) ou la modulation d'amplitude en quadrature à seize états (MAQ-16) pour certaines applications spécifiques.

Lorsqu'on utilise de tels modes, il ne faut cependant pas oublier ce qui suit:

- ils nécessitent des p.i.r.e. à l'émission et/ou des diamètres d'antenne de réception plus élevés, étant donné qu'ils sont foncièrement sensibles au bruit et aux brouillages;
- ils sont plus sensibles aux distorsions linéaires et non linéaires; en particulier, la modulation MAQ-16 ne peut être utilisée sur les récepteurs fonctionnant au niveau proche de la saturation;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 11 des radiocommunications et du Groupe de travail 2 de la Commission d'études 9 de la normalisation des télécommunications.

- ils sont plus sensibles au bruit de phase, notamment lorsque le débit de symboles est faible; par conséquent, il faut utiliser des convertisseurs de fréquence de haute qualité;
- les schémas de modulation/codage du système ne présentent aucune variation en fonction de la rotation, de sorte que les sauts de cycle et les ruptures de phase de la chaîne peuvent provoquer des interruptions du service; par conséquent, les systèmes de conversion de fréquence et de rétablissement de la porteuse de démodulation doivent être conçus de façon à éviter que de tels phénomènes se produisent.

Le système peut être adapté à diverses largeurs de bande de répéteur de satellite, dans une configuration à une seule porteuse par répéteur ou à plusieurs porteuses par répéteur (multiplexage par répartition en fréquence (MRF)). L'appendice contient des exemples d'utilisation possible du système.

Il faut aussi que les opérateurs de satellite envisagent de fournir la capacité satellitaire appropriée.

L'utilisation des systèmes d'accès conditionnel et d'autres éléments de service comme les données auxiliaires ou les données de l'intervalle de suppression vertical sortent du cadre de la présente Recommandation.

2 Codage à la source, information de service et multiplexage

2.1 Codage vidéo

Codage vidéo en MPEG-2: profil principal et niveau principal (MP@ML) conformément aux normes existantes (Recommandation UIT-T H.222). L'utilisation du MPEG-2 4:2:2P@ML peut aussi être envisagée.

La source vidéo, le débit binaire (résolution horizontale et résolution verticale) sont sans effet sur l'interopérabilité. Ces paramètres ne sont pas spécifiés dans la présente Recommandation car ils doivent être automatiquement intégrés dans les récepteurs-décodeurs intégrés (IRD, *integrated receiver decoders*).

2.2 Codage audio

Le codage audio à la couche MPEG I ou II est conforme aux normes existantes (Recommandation UIT-T H.222).

La configuration des canaux audio, la source et le débit binaire sont sans effet sur l'interopérabilité. Ces paramètres ne sont pas spécifiés dans la présente Recommandation car ils doivent être automatiquement intégrés dans les IRD.

2.3 Codage des données

Ce sujet appelle un complément d'étude.

2.4 Informations spécifiques du programme (PSI) et informations sur les services (IS)

2.4.1 Généralités

Les informations PSI et les IS doivent se conformer à toutes les prescriptions pertinentes en fonction des normes et des lignes directrices applicables.

Pour les besoins de la conformité MPEG-2 DVB-S, (radiodiffusion vidéo numérique par satellite, *digital video broadcasting using satellite*) les tables ci-après sont obligatoires:

PAT: Table d'association de programme (*Program Association Table*).

PMT: Table de contenu de programme (*Program Map Table*).

CAT: Table d'accès conditionnel (*Conditional Access Table*).

NIT: Table d'informations sur le réseau (*Network Information Table*) (le système de livraison actuel).

SDT: Table de description de service (*Service Description Table*) (le flux de transport actuel).

TDT: Table d'heure et de date (*Time and Date Table*).

EIT: Table d'informations d'événement (*Event Information Table*), le flux de transport actuel, présent/suivant.

Certaines de ces tables d'informations de service (ou leur contenu) tout en ne s'appliquant peut-être pas au service RAS numérique, sont néanmoins nécessaires.

La présente Recommandation ne spécifie ni les valeurs, ni la syntaxe des tables d'informations de service mais préconise, chaque fois que possible, les valeurs par défaut que l'équipement doit utiliser pour permettre une mise en œuvre simple et rapide du RAS numérique.

S'agissant des transmissions RAS numériques, il se peut que l'édition des tables IS sur le terrain soit impossible en raison de problèmes d'exploitation. Par conséquent, seules les tables IS définies par le MPEG-2, à savoir PAT, PMT et la table de description du service de flux de transport (SDT, *transport stream Service Description Table*) sont obligatoires.

2.4.2 Premier descripteur SDT

Le premier descripteur présent dans la boucle du descripteur SDT contient le descripteur qui définit le flux de transport comme étant de type «CONA» (en référence à l'application CONtribution).

<i>Syntaxe</i>	<i>Nb. de bits</i>	<i>Identificateur</i>
transport-stream-descriptor () (descripteur de flux de transport)		
descriptor_tag (étiquette du descripteur)	8	uimsbf
descriptor_length (longueur du descripteur)	8	uimsbf
pour (i=0;i<N;i++)symbol 123 \f «Symbol» \s 10		
byte (octet)	8	uimsbf
symbol 125 \f «Symbol» \s 10		
symbol 125 \f «Symbol» \s 10		

Sémantique du descripteur de flux de transport:

Le champ longueur du descripteur (descriptor_length field) est mis sur la valeur 0x04.

octet: champ codé sur 8 bits. Les quatre octets contiennent les valeurs 0x43, 0x4F, 0x4E, 0x41 (ASCII: « CONA»).

2.4.3 Second descripteur SDT

Pour les transmissions RAS numériques, la boucle du descripteur SDT comprend aussi un second descripteur, le descripteur RAS numérique, qui a la syntaxe suivante:

<i>Syntaxe</i>	<i>Nb. de bits</i>	<i>Identificateur</i>
DSNG-descriptor () (descripteur de RAS numérique)		
descriptor_tag (étiquette du descripteur)	8	uimsbf
descriptor_length (longueur du descripteur)	8	uimsbf
pour (i=0;i<N;i++) symbol 123 \f « Symbol» \s 10		
station_identification_char (caractère d'identification de la station)	8	uimsbf
symbol 125 \f « Symbol» \s 10		
symbol 125 \f « Symbol» \s 10		

Etiquette du descripteur
(descriptor_tag): 0x68

Sémantique du descripteur RAS numérique:

station_identification_char (caractère d'identification de la station): ce champ contient une chaîne servant à l'identification rapide de la station sur la liaison montante qui transmet le flux de transport. Les caractères de la chaîne sont codés en ASCII.

2.4.4 Lignes directrices

2.4.4.1 Lignes directrices pour l'utilisation de la SDT (table de description du service du flux de transport) dans les flux RAS numériques

Les SDT sont répétés à intervalle d'au moins 10 s.

Le champ `station_identification_char` (caractère d'identification de la station) contient les éléments suivants, séparés d'une virgule et dans l'ordre suivant:

- code habituel de la station;
- siège RAS;
- fournisseur RAS.

Le code habituel de la station est le code assigné à la station par l'opérateur du satellite avec lequel la station est le plus souvent utilisée.

Le siège RAS (qui fonctionne pendant la période d'émission) est le centre de contrôle par l'intermédiaire duquel la station peut être identifiée sans ambiguïté (son code habituel de station est indiqué) et être rapidement localisée. Le fournisseur RAS est le propriétaire de la station RAS.

Les IRD doivent avoir suffisamment de souplesse pour gérer au moins le tableau d'information de service obligatoire et savoir ignorer les informations de service facultatives qu'ils ne sont pas censés utiliser.

Les IRD de RAS numériques doivent pouvoir décoder et interpréter la SDT et les descripteurs spécifiés.

2.4.4.2 Lignes directrices pour assurer la compatibilité avec les IRD grand public

Pour que la compatibilité avec les IRD grand public soit assurée, la table SDT doit comporter trois descripteurs:

- Le premier descripteur est un descripteur de flux de transport [0x67] qui contient la chaîne ASCII «DVB». La présence de ce descripteur signifie que toutes les tables IS doivent être présentes conformément à la spécification IS-DVB.
- Le deuxième descripteur est le descripteur de flux de transport [0x67] qui contient la chaîne ASCII «CONA». La présence de ce descripteur indique que la transmission est de type contribution.
- Pour les transmissions RAS numériques, le troisième descripteur est le descripteur RAS numérique [0x68].

2.5 Multiplexage

À l'entrée du système, le flux de données est structuré en paquets de longueur fixe, après passage dans le multiplexeur de transport MPEG-2 (MUX) (voir la Recommandation UIT-T H.222). La longueur totale d'un paquet en sortie de multiplexage de transport MPEG-2 est de 188 octets.

3 Système de transmission

Le système est défini sous forme de blocs fonctionnels d'équipements assurant l'adaptation des signaux de télévision en bande de base en sortie du multiplexeur de transport MPEG-2 (voir la Recommandation UIT-T H.222), en fonction des caractéristiques du canal satellite.

La trame de transmission du système est synchronisée sur les paquets de transport sortant du multiplexeur MPEG-2 (voir la Recommandation UIT-T H.222).

Le système utilise la modulation MDP-4 et, à titre facultatif, les modulations MDP-8 et MAQ-16; les opérations de codage convolutif et de codage RS sont effectuées en série. S'agissant des modulations MDP-8 et MAQ-16, le codage «pragmatique» en treillis s'applique, permettant ainsi d'optimiser la protection contre les erreurs du code convolutif défini dans la Recommandation UIT-R BO.1211. Le code convolutif se prête à des configurations souples permettant l'optimisation du fonctionnement du système pour une large bande de répéteur de satellite donnée.

Les émissions de télévision numérique par satellite étant sensibles aux limitations de puissance, l'un des principaux objectifs de la conception du système a été d'assurer une bonne résistance au bruit et au brouillage. Il se trouve que lorsque des marges de puissance plus élevées sont disponibles, il est possible d'accroître l'efficacité d'utilisation du spectre pour réduire le coût du segment spatial. Par conséquent, le système offre de nombreux modes de transmission (codage interne et modulations), ce qui permet d'opérer des choix différents selon que l'on recherche un bon rendement en puissance ou une bonne efficacité d'utilisation du spectre. Pour certaines applications de contribution déterminées, des modes tels que la MDP-4 et la MDP-8, grâce à leur enveloppe quasi constante, se prêtent à un fonctionnement avec des amplificateurs de puissance de satellite saturés, dans une configuration à une seule porteuse par répéteur. Tous les modes – y compris la MAQ-16 – se prêtent à un fonctionnement dans les canaux satellite quasi linéaires, dans les applications à plusieurs porteuses avec MRF.

Le flux de données subit les opérations suivantes (voir la Fig. 1):

- adaptation du multiplexage de transport et randomisation pour dispersion d'énergie (conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211);
- codage externe (par exemple, RS) (conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211);
- entrelacement convolutif (conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211);
- codage interne:
 - codage convolutif discontinu (conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211);
 - codage pragmatique en treillis associé à la MDP-8 et à la MAQ-16 (à titre facultatif);
- structuration des bits en constellations:
 - MDP-4 (conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211);
 - MDP-8 (facultatif);
 - MAQ-16 (facultatif);
- mise en forme de la bande de base en cosinus carré surélevé:
 - facteur d'amortissement $\alpha = 0,35$ conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211 pour les modulations MDP-4, MDP-8 et MAQ-16;
 - facteur d'amortissement facultatif supplémentaire $\alpha = 0,25$ (pour les modulations facultatives MDP-8 et MAQ-16);
- modulation en quadrature (conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211).

Lorsque le signal reçu est supérieur aux seuils C/N et C/I , la technique de correction d'erreur directe adoptée dans le système permet de respecter un objectif de niveau qualitatif «quasi exempt d'erreur», correspondant à moins d'une erreur non corrigée par heure de transmission, soit un taux d'erreur binaire (TEB) compris entre 1×10^{-10} et 1×10^{-11} à l'entrée du démultiplexeur MPEG-2.

3.1 Adaptation aux caractéristiques de répéteur du satellite

Le débit de symboles est adapté aux caractéristiques du répéteur et lorsqu'il s'agit de plusieurs porteuses par répéteur (MRF), au plan de fréquence adopté. L'appendice 1 contient des exemples d'utilisation possible du système.

3.2 Interfaces

Le système fait intervenir les interfaces suivantes (Tableau 1).

TABLEAU 1
Interfaces du système

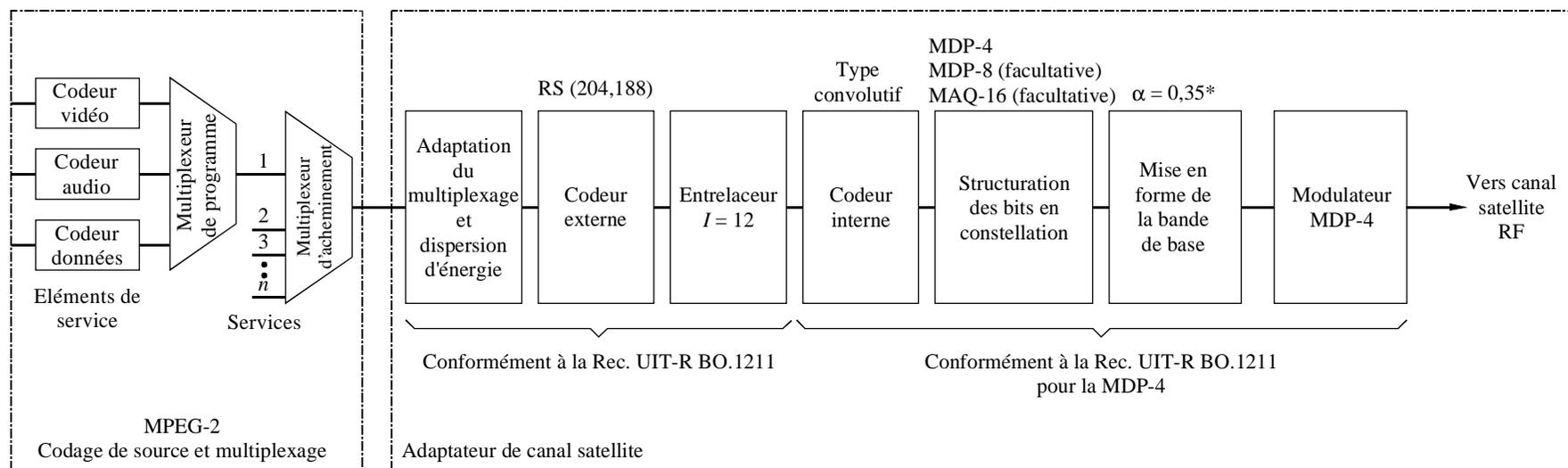
Emplacement	Interface	Type d'interface	Connexion
Station d'émission	Entrée	Multiplexage de transport MPEG-2	A partir du multiplexeur MPEG-2
	Sortie	Fréquences intermédiaires 70/140 MHz Fréquences intermédiaires bande des 1,5 GHz, RF	Vers l'équipement RF
Station de réception	Entrée	Multiplexage de transport MPEG-2	Vers le démultiplexeur MPEG-2
	Sortie	Fréquences intermédiaires 70/140 MHz Fréquences intermédiaires bande des 1,5 GHz	En sortie d'équipement RF

3.3 Codage canal

3.3.1 Adaptation du multiplexage de transport et randomisation de dispersion d'énergie

Voir la Recommandation UIT-R BO.1211.

FIGURE 1
Diagramme fonctionnel du système



* $\alpha = 0,25$ pour la MDP-8 et la MAQ-16 (supplémentaires et facultatives).

3.3.2 Codage externe (RS), entrelacement et mise en trame

Voir la Recommandation UIT-R BO.1211.

3.3.3 Codage interne et structuration des bits

Comme le spectre peut être inversé en fonction de la chaîne de convertisseurs de fréquence, le démodulateur doit adapter automatiquement sa configuration pour se conformer à la situation réelle.

3.3.3.1 Codage interne et structuration des bits pour le mode MDP-4 (convolutif)

Voir la Recommandation UIT-R BO.1211.

3.3.3.2 Codage interne et structuration des bits pour les modes MDP-8 et MAQ-16 (type de codage pragmatique en treillis)

Les schémas de codage interne produisent des modulations pragmatiques à codage en treillis qui constituent une extension de la méthode de codage adoptée dans la Recommandation UIT-R BO.1211. Ces modulations sont produites conformément au schéma de principe de la Fig. 2 et aux Tableaux 2 et 3. Les flux parallèles d'octets (P0 à P7 sur la Fig. 2) qui sortent de l'entrelaceur convolutif sont acheminés vers un convertisseur parallèle/parallèle (voir la Note 1), qui sépare les bits d'entrée en deux embranchements, selon le mode de modulation/codage interne choisi.

NOTE 1 – On a choisi des convertisseurs parallèles/parallèles afin de réduire, dans l'ensemble, le taux d'erreur d'octets à l'entrée du décodeur RS (forte concentration d'erreurs binaires dans les octets). Par conséquent, le TEB est réduit après correction RS. De plus, certains octets de synchronisation MPEG subissent régulièrement un codage convolutif.

Le convertisseur parallèle/parallèle est synchronisé de telle manière que les octets de synchronisation MPEG apparaissent régulièrement dans l'octet A (voir le Tableau 2) sous forme normale (47_h) ou inversée ($B8_h$). Lorsqu'un octet de synchronisation MPEG (47_h) est transmis, l'octet A est codé de la façon suivante: $A = (A7, \dots, A0) = 01000111$.

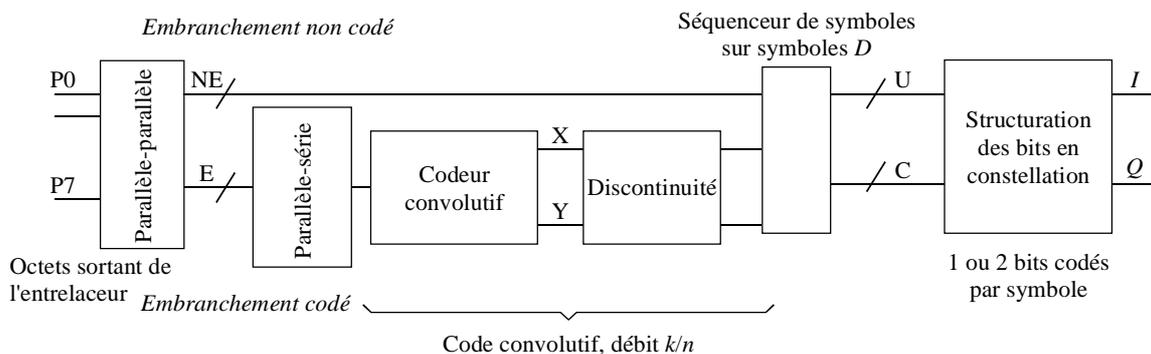
Le signal NE de l'embranchement non codé génère, via le séquenceur de symboles, une séquence de signaux U, dont chacun doit être transmis dans un symbole modulé. Ces bits produisent des transitions parallèles dans le code en treillis et sont uniquement protégés par une grande distance euclidienne dans l'espace signal (voir la structuration des bits en constellation). Le signal E de l'embranchement codé est traité par le codeur convolutif discontinu conformément à la Recommandation UIT-R BO.1211. Ces bits génèrent, via le séquenceur de symboles, une séquence de signaux C, dont chacun doit être transmis dans un symbole modulé. Le schéma de codage spécifique applicable à chaque constellation et à chaque débit de codage est conforme aux spécifications indiquées aux § 3.3.3.2.1 à 3.3.3.2.3. Un code pragmatique en treillis, caractérisé par c , bits codés par symbole ($c = 1$ ou 2) sera indiqué dans la suite du document avec la notation $cCBPS$ (voir la Note 2).

NOTE 2 – Pour les schémas 1CBPS, la vitesse de traitement du décodeur à modulation à codage en treillis est inférieure à celle qui est nécessaire pour les schémas 2CBPS. Les choix opérés tiennent compte des meilleurs résultats obtenus en présence de bruit blanc gaussien additif.

NOTE 3 – Les modes de modulation MDP-4 décrits au § 3.3.3.1 peuvent être obtenus à l'aide du schéma à modulation à codage en treillis de la Fig. 2, sans bits non codés.

FIGURE 2

Principe du codeur interne en treillis



La conversion parallèle/parallèle opérée à l'entrée est décrite au Tableau 2. Les octets génériques à l'entrée $P = (P7, \dots, P0)$ sont extraits de la séquence A (en premier), B, D, F, G, H, L (en dernier) (les lettres C, E, I, J, K ne sont pas utilisées pour éviter tout problème de notation). Dans le cas de la modulation MDP-4, le convertisseur parallèle/parallèle équivaut à un convertisseur parallèle/série.

TABLEAU 2
Conversion parallèle/parallèle

Mode	Entrée P								Sortie	
	Dernier							Premier		
MDP-4	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	⇒	E1
MDP-8 débit 2/3	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	⇒	NE1
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	⇒	E1
MDP-8 débit 5/6	G3	G7	F3	F7	D3	D7	B3	B7	⇒	NE4
	G2	G6	F2	F6	D2	D6	B2	B6	⇒	NE3
	G1	G5	F1	F5	D1	D5	B1	B5	⇒	NE2
	G0	G4	F0	F4	D0	D4	B0	B4	⇒	NE1
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	⇒	E1
MDP-8 débit 8/9					F5	F7	B1	B7	⇒	NE6
					F4	F6	B0	B6	⇒	NE5
					F3	D3	D7	B5	⇒	NE4
					F2	D2	D6	B4	⇒	NE3
					F1	D1	D5	B3	⇒	NE2
					F0	D0	D4	B2	⇒	NE1
					A1	A3	A5	A7	⇒	E2
MAQ-16 débit 3/4					A0	A2	A4	A6	⇒	E1
	D1	D3	D5	D7	B1	B3	B5	B7	⇒	NE2
	D0	D2	D4	D6	B0	B2	B4	B6	⇒	NE1
MAQ-16 débit 7/8	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	⇒	E1
	L3	L7	G3	G7	D3	D7	B3	B7	⇒	NE4
	L2	L6	G2	G6	D2	D6	B2	B6	⇒	NE3
	L1	L5	G1	G5	D1	D5	B1	B5	⇒	NE2
	L0	L4	G0	G4	D0	D4	B0	B4	⇒	NE1
	H2	H5	F0	F3	F6	A1	A4	A7	⇒	E3
	H1	H4	H7	F2	F5	A0	A3	A6	⇒	E2
H0	H3	H6	F1	F4	F7	A2	A5	⇒	E1	

Dans le convertisseur parallèle/série de la Fig. 2, le bit E associé à l'indice le plus élevé sort en premier. Le convertisseur parallèle/série et le codeur convolutif n'introduisent aucun retard relatif entre l'embranchement codé et l'embranchement non codé (c'est-à-dire que la base de temps pour les bits entre l'embranchement non codé et l'embranchement codé, indiquée au Tableau 3, est préservée).

Les fonctions de discontinuité et du séquenceur de symboles sont conformes à la définition donnée dans le Tableau 3.

Pour structurer les bits en constellation, on associe les bits d'entrée m (U, C sur la Fig. 2) au vecteur correspondant dans l'espace du signal Hilbert correspondant à la constellation choisie. Les constellations possibles sont MDP-8 ($m = 3$ bits) et MAQ-16 ($m = 4$ bits). La structuration optimale des bits codés et non codés en constellation diffère selon que l'on utilise le schéma 1CBPS ou 2CBPS. La représentation cartésienne de chaque vecteur sera indiquée par I, Q (c'est-à-dire, les composantes en phase et en quadrature).

3.3.3.2.1 Codage interne et structuration des bits pour la modulation MDP-8, au débit de 2/3 (2CBPS)

Pour la modulation MDP-8 au débit de 2/3, le codage interne est conforme au principe illustré à la Fig. 3.

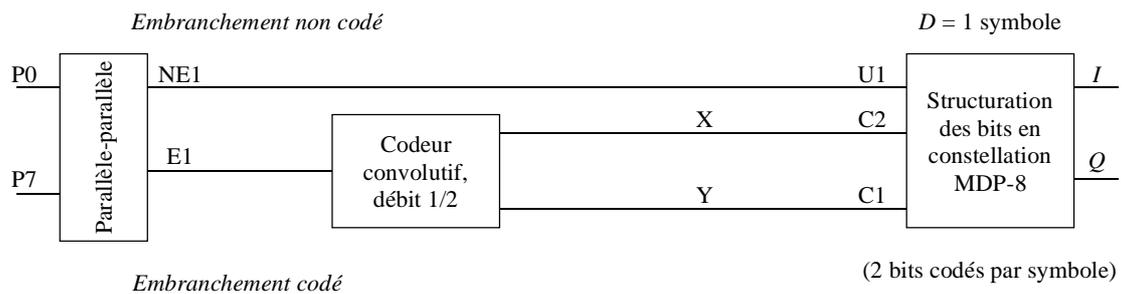
TABLEAU 3

Définition de la discontinuité et du séquenceur de symboles

Mode	Dernier symbole			Premier symbole		Sortie
MDP-4 débit 1/2				Y1	⇒	C2
				X1	⇒	C1
MDP-4 débit 2/3		Y4	X3	Y1	⇒	C2
		Y3	Y2	X1	⇒	C1
MDP-4 débit 3/4			X3	Y1	⇒	C2
			Y2	X1	⇒	C1
MDP-4 débit 5/6		X5	X3	Y1	⇒	C2
		Y4	Y2	X1	⇒	C1
MDP-4 débit 7/8	X7	X5	Y3	Y1	⇒	C2
	Y6	Y4	Y2	X1	⇒	C1
MDP-8 débit 2/3				NE1	⇒	U1
				Y1	⇒	C2
				X1	⇒	C1
MDP-8 débit 5/6			NE2	NE4	⇒	U2
			NE1	NE3	⇒	U1
			Y1	X1	⇒	C1
MDP-8 débit 8/9		NE2	NE4	NE6	⇒	U2
		NE1	NE3	NE5	⇒	U1
		Y2	Y1	X1	⇒	C1
MAQ-16 débit 3/4				NE2	⇒	U2
				NE1	⇒	U1
				Y1	⇒	C2
				X1	⇒	C1
MAQ-16 débit 7/8			NE2	NE4	⇒	U2
			NE1	NE3	⇒	U1
			X3	Y1	⇒	C2
			Y2	X1	⇒	C1

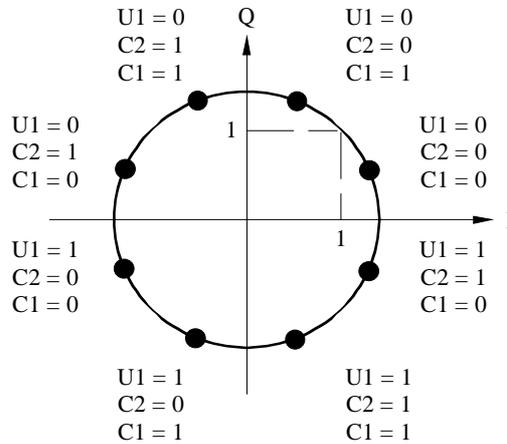
FIGURE 3

Principe de codage interne pour la modulation MDP-8 au débit de 2/3 (2CBPS)



Pour un débit de 2/3, la structuration des bits en constellation MDP-8 est telle qu'elle est représentée à la Fig. 4. Si le facteur de normalisation $1/\sqrt{2}$ est appliqué aux composantes I et Q , l'énergie moyenne correspondante par symbole devient égale à 1.

FIGURE 4
Structuration des bits en constellation MDP-8, pour un débit de 2/3 (2CBPS)

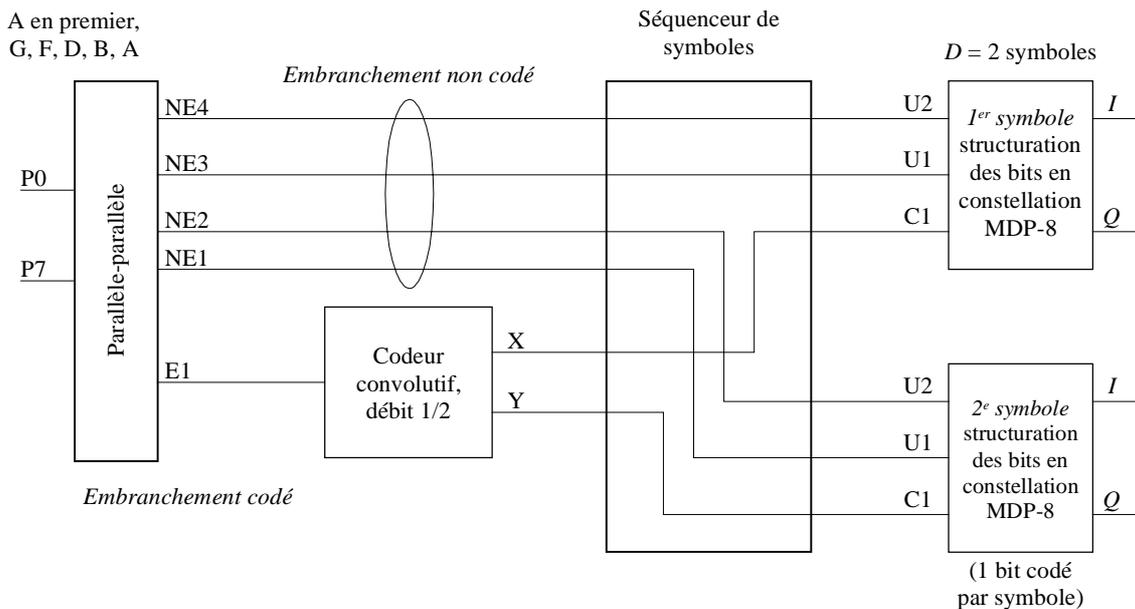


1421-04

3.3.3.2.2 Codage interne et structuration des bits pour la modulation MDP-8 aux débits de 5/6 et 8/9 (1CBPS)

Pour la modulation MDP-8 au débit de 5/6, le codage interne est conforme au principe illustré à la Fig. 5.

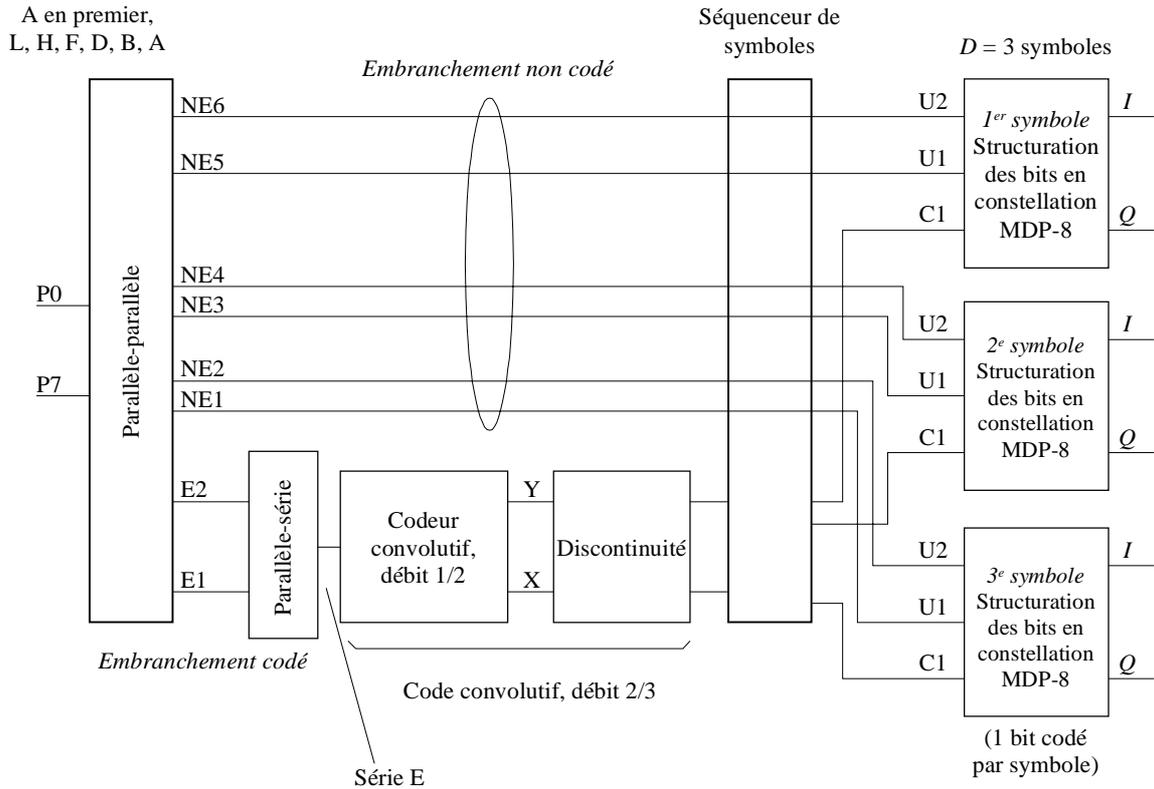
FIGURE 5
Principe de codage interne pour la modulation MDP-8 au débit de 5/6 (1CBPS)



1421-05

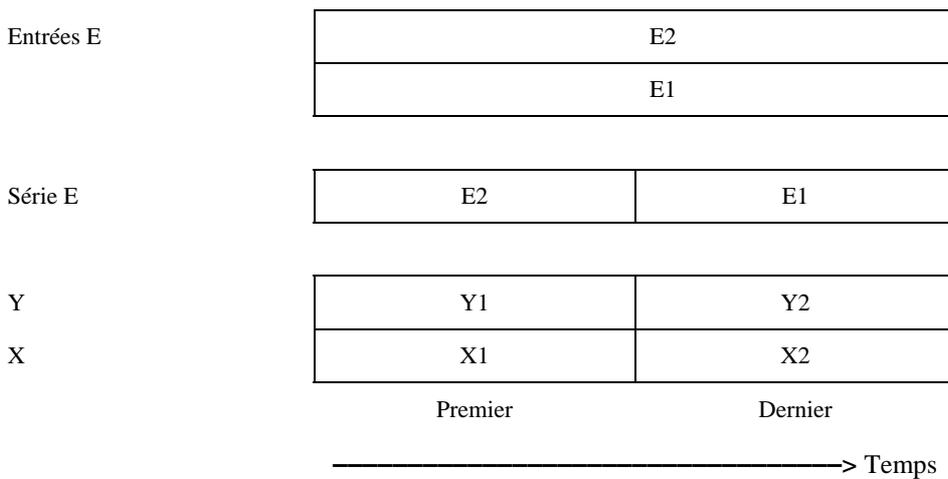
Pour la modulation MDP-8 au débit de 8/9, le codage interne est conforme au principe illustré à la Fig. 6.

FIGURE 6
Principe de codage interne pour la modulation MDP-8 au débit de 8/9 (1CBPS)



1421-06

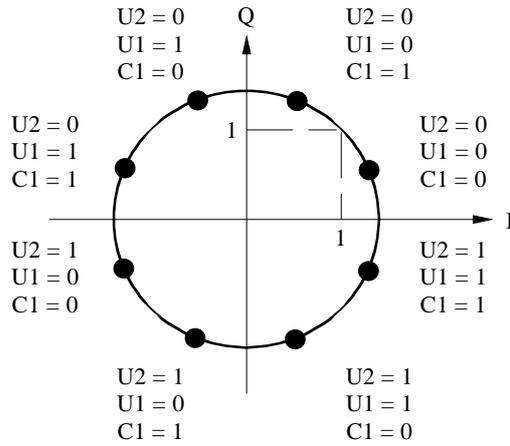
Pour la modulation MDP-8 au débit de 8/9, la base de temps pour le convertisseur parallèle/série et le codeur convolutif est conforme au schéma de principe ci-après:



Pour des débits de 5/6 et 8/9, la structuration des bits en constellation MDP-8 sera conforme à la Fig. 7. Si le facteur de normalisation $1/\sqrt{2}$ est appliqué aux composantes I et Q, l'énergie moyenne correspondante par symbole devient égale à 1.

FIGURE 7

Structuration des bits en constellation MDP-8, pour des débits de 5/6 et 8/9 (1CBPS)



1421-07

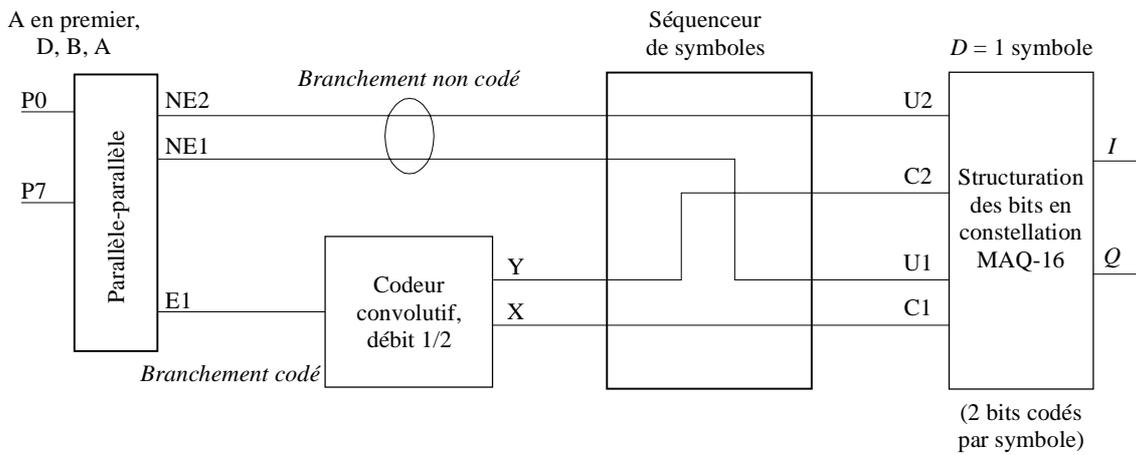
3.3.3.2.3 Codage interne et structuration des bits pour la modulation MAQ-16 aux débits de 3/4 et 7/8 (2CBPS)

Les modes MAQ-16 se prêtent aux répéteurs quasi linéaires.

Pour la modulation MAQ-16 au débit de 3/4, le codage interne est conforme au principe illustré à la Fig. 8.

FIGURE 8

Principe de codage interne pour la modulation MAQ-16 au débit de 3/4 (2CBPS)

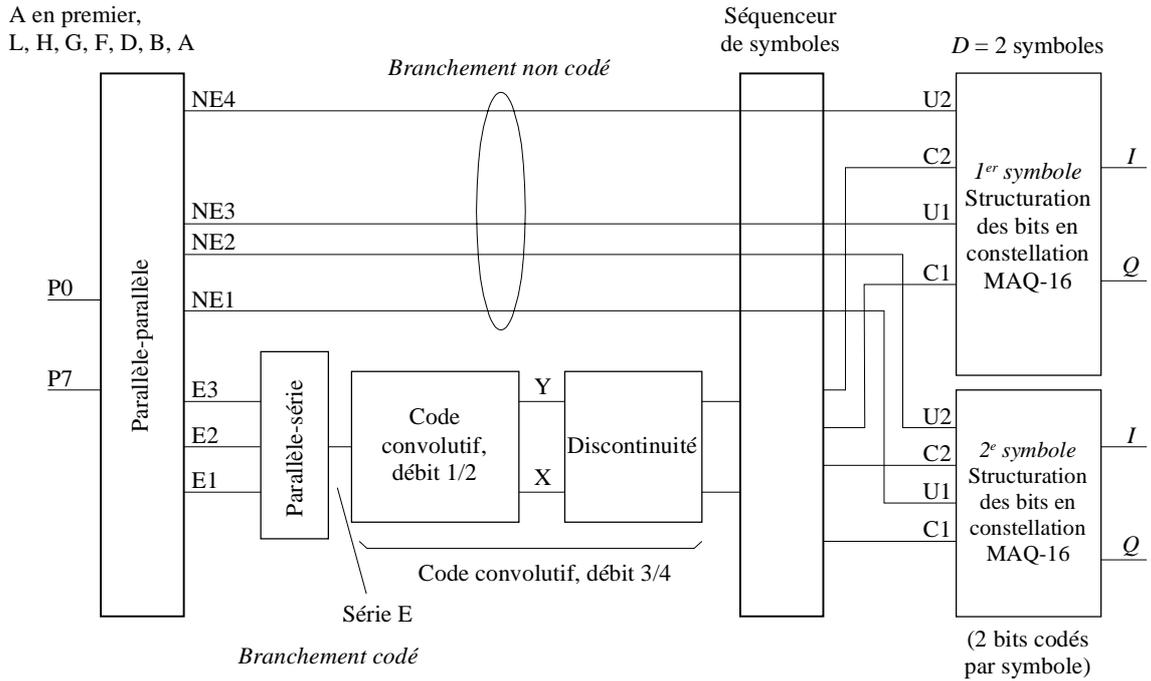


1421-08

Pour la modulation MAQ-16 au débit de 7/8, le codage interne est conforme au principe illustré à la Fig. 9.

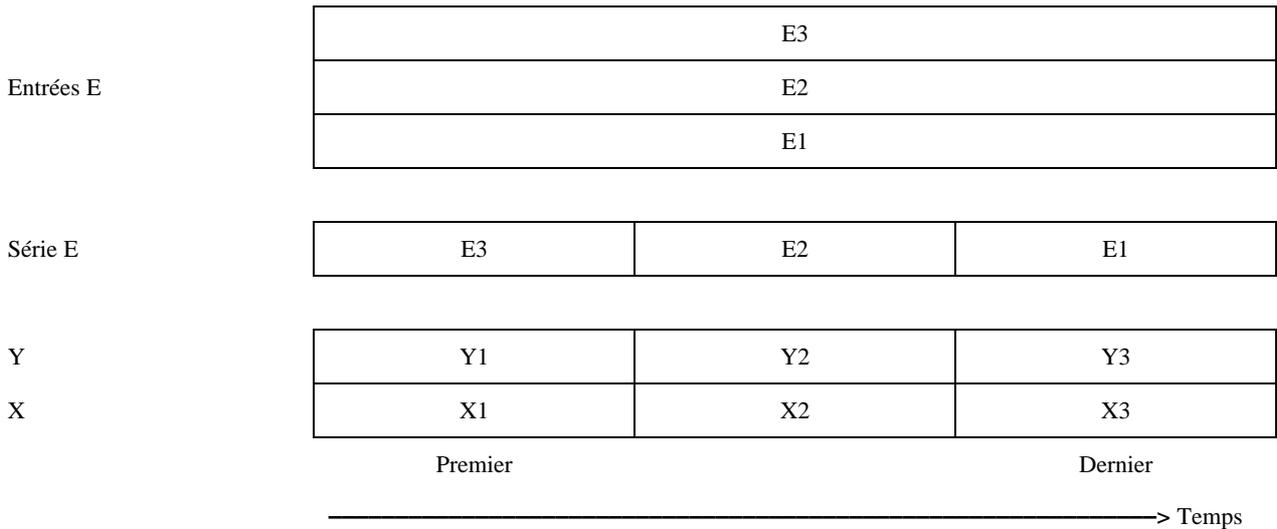
FIGURE 9

Principe de codage interne pour la modulation MAQ-16 au débit de 7/8 (2CBPS)



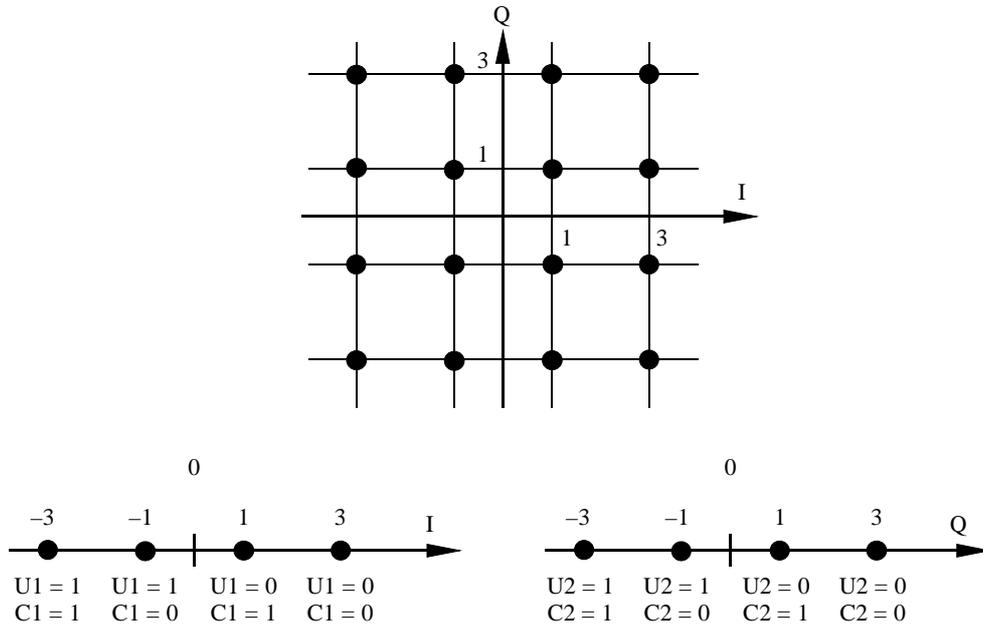
1421-09

Pour la modulation MAQ-16 au débit de 7/8, la base de temps pour le convertisseur parallèle/série et le codeur convolutif est conforme au schéma de principe suivant:



Pour les débits de 3/4 et 7/8, la structuration des bits en constellation MAQ-16 sera conforme à la Fig. 10. Si le facteur de normalisation $1/\sqrt{2}$ est appliqué aux composantes I et Q, l'énergie moyenne correspondante par symbole devient égale à 1.

FIGURE 10
 Structuration des bits en axes I et Q pour une constellation MAQ-16
 aux débits de 3/4 et 7/8 (2CBPS)



1421-10

3.4 Mise en forme de la bande de base et modulation en quadrature

Pour la modulation MDP-4, le spectre du signal en sortie du modulateur par rapport à un facteur d'amortissement $\alpha = 0,35$, est conforme à la Recommandation UIT-R BO.1211.

Pour les modulations facultatives MDP-8 et MAQ-16, le spectre du signal en sortie du modulateur, par rapport à un facteur d'amortissement $\alpha = 0,35$, est conforme à la Recommandation UIT-R BO.1211. A titre d'option, le spectre du signal peut correspondre à un facteur d'amortissement plus faible $\alpha = 0,25$.

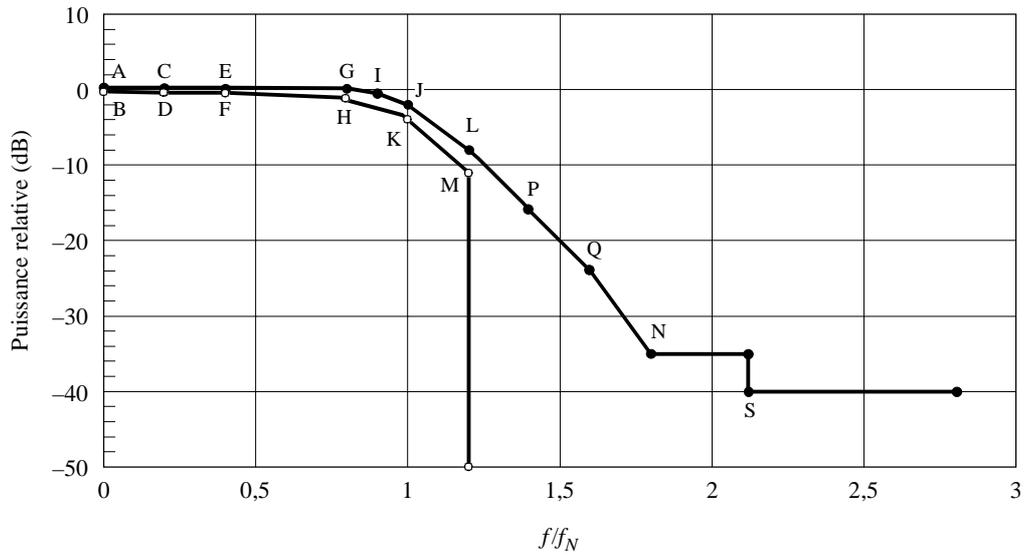
La Fig. 11 illustre sous forme de gabarit le spectre du signal en sortie du modulateur pour un facteur d'amortissement $\alpha = 0,35$.

Cette figure représente également un masque pouvant être utilisé dans l'application matérielle du filtre de modulation de Nyquist. Les points A à S des Fig. 11 et 12 sont définis dans le Tableau 4 pour des facteurs d'amortissement $\alpha = 0,35$ et $\alpha = 0,25$. Le masque de réponse en fréquence du filtre a été établi sur l'hypothèse de signaux d'entrée répondant à une fonction delta de Dirac idéale, avec un espacement correspondant à la période symbole $T_s = 1/R_s = 1/2f_N$, tandis que, dans le cas de signaux d'entrée rectangulaires, il y a lieu d'appliquer à la réponse du filtre une correction $x/\sin x$ adéquate.

La Fig. 12 est un gabarit de temps de propagation de groupe applicable à la réalisation matérielle du filtre de modulation de Nyquist.

FIGURE 11

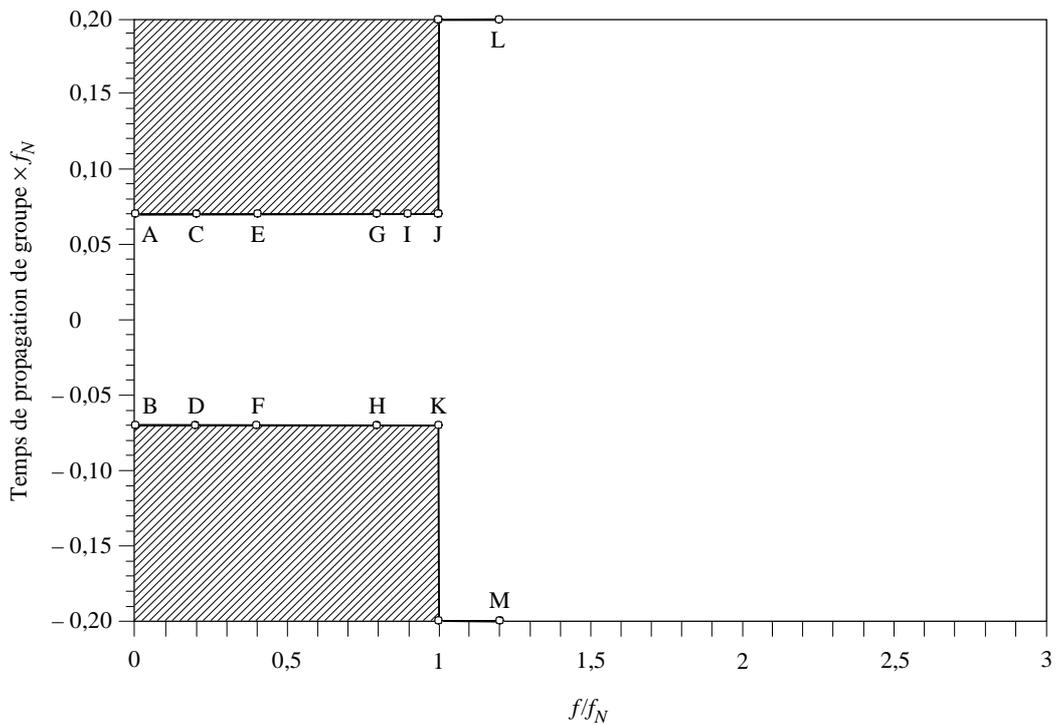
Gabarit du masque de spectre du signal en sortie du modulateur représenté dans la domaine fréquentiel de la bande de base (facteur d'amortissement $\alpha = 0,35$)



1421-11

FIGURE 12

Gabarit du temps de propagation de groupe du filtre du modulateur (facteurs d'amortissement $\alpha = 0,35$ et $\alpha = 0,25$)



1421-12

TABLEAU 4

Définition des points des Fig. 11 et 12

Point	Fréquence pour $\alpha = 0,35$	Fréquence pour $\alpha = 0,25^{(1)}$	Puissance relative (dB)	Temps de propagation de groupe
A	$0,0 f_N$	$0,0 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
B	$0,0 f_N$	$0,0 f_N$	-0,25	$-0,07/f_N$
C	$0,2 f_N$	$0,2 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
D	$0,2 f_N$	$0,2 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
E	$0,4 f_N$	$0,4 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
F	$0,4 f_N$	$0,4 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
G	$0,8 f_N$	$0,86 f_N$	+0,15	$+0,07/f_N$
H	$0,8 f_N$	$0,86 f_N$	-1,10	$-0,07/f_N$
I	$0,9 f_N$	$0,93 f_N$	-0,50	$+0,07/f_N$
J	$1,0 f_N$	$1,0 f_N$	-2,00	$+0,07/f_N$
K	$1,0 f_N$	$1,0 f_N$	-4,00	$-0,07/f_N$
L	$1,2 f_N$	$1,13 f_N$	-8,00	-
M	$1,2 f_N$	$1,13 f_N$	-11,00	-
N	$1,8 f_N$	$1,60 f_N$	-35,00	-
P	$1,4 f_N$	$1,30 f_N$	-16,00	-
Q	$1,6 f_N$	$1,45 f_N$	-24,00	-
S	$2,12 f_N$	$1,83 f_N$	-40,00	-

⁽¹⁾ Le facteur d'amortissement $\alpha = 0,25$ est facultatif et s'applique uniquement aux modulations MDP-8 et MAQ-16.

3.5 Caractéristiques de comportement d'erreur

Le modem, connecté en boucle FI, présente les caractéristiques E_b/N_0 en fonction du TEB, spécifiées dans le Tableau 5.

3.6 Dispositifs de transmission pour des situations d'urgence

L'équipement RAS numérique disposera au moins d'un dispositif – qui devra être défini par l'utilisateur – susceptible de répondre aux situations d'urgence.

Ce dispositif est facilement sélectionnable dans l'équipement.

Le Tableau 6 donne des exemples de dispositifs de transmission qui peuvent être utilisés dans des situations d'urgence comme proposé en radiodiffusion numérique.

Les paramètres adoptés par le Groupe Inter-union d'Opérations par Satellite (l'ISOG, *Inter-union Satellite Operations Group*) sont présentés dans le Tableau 7.

TABLEAU 5

Comportement de la boucle FI du système

Modulation	Débit de codage interne	Efficacité d'utilisation du spectre (bit/symbole)	Marge d'application modem (dB)	Rapport E_b/N_0 ⁽¹⁾ requis pour un TEB de 2×10^{-4} avant le décodage RS quasi exempt d'erreur ⁽²⁾ après codage RS (dB)
MDP-4	1/2	0,92	0,8	4,5
	2/3	1,23	0,8	5,0
	3/4	1,38	0,8	5,5
	5/6	1,53	0,8	6,0
	7/8	1,61	0,8	6,4
MDP-8 (facultative)	2/3	1,84	1,0	6,9
	5/6	2,30	1,4	8,9
	8/9 ⁽³⁾	2,46	1,5	9,4
MAQ-16 (facultative)	3/4 ⁽³⁾	2,76	1,5	9,0
	7/8	3,22	2,1	10,7

- (1) Les valeurs du rapport E_b/N_0 correspondent au débit binaire utile R_u (format de 188 octets, avant codage RS) et tiennent compte du facteur $10 \log 188/204 \cong 0,36$ dB dû au code externe RS ainsi que d'une marge d'application modem. Pour la MDP-4, les chiffres proviennent de la Recommandation UIT-R BO.1211. Pour les modulations MDP-8 et MAQ-16, on a adopté des marges d'application modem qui augmentent avec l'efficacité d'utilisation du spectre, afin de tenir compte de la plus grande sensibilité associée à ces schémas de modulation.
- (2) L'expression «quasi exempt d'erreur» signifie environ moins d'une erreur non corrigée par heure à l'entrée du démultiplexeur MPEG-2. D'autres valeurs cibles du taux d'erreur résiduel pourraient être définies pour les transmissions de «qualité contribution». Le TEB de 2×10^{-4} avant le décodage RS correspond environ à un taux d'erreur des octets compris entre 7×10^{-4} et 2×10^{-3} selon le schéma de codage choisi.
- (3) La modulation MDP-8 au débit de 8/9 se prête à des répéteurs de satellite fonctionnant au niveau proche de la saturation, alors que la modulation MAQ-16 au débit de 3/4 offre une meilleure efficacité d'utilisation du spectre pour les répéteurs quasi linéaires, dans une configuration à accès multiple par répartition en fréquence.

TABLEAU 6

Exemples de dispositifs de transmission DVB

Profil de codage MPEG-2	Débit binaire R_u (après multiplexage) (Mbit/s)	Modulation	Débit de codage	Débit de symboles R_s (MBd)	Largeur de bande totale $1,35 R_s$ (MHz)
MP@ML	3,0719	MDP-4	3/4	2,222	3,000
MP@ML	4,6078	MDP-4	3/4	3,333	4,500
MP@ML	6,3120	MDP-4	3/4	4,566	6,160
MP@ML	8,2941	MDP-4	3/4	6,000	8,100
MP@ML	8,4480	MDP-4	3/4	6,1113	8,250
4:2:2P@ML	21,5030	MDP-4	7/8	13,3332	18,000

Note d'information: pour les débits binaires et pour les débits de symboles, la précision est en général de $\pm 10^{-6}$.

TABLEAU 7

Exemple de dispositif de transmission ISOG

Nom du dispositif	Profil de codage MPEG-2 ⁽¹⁾	Débit binaire $R_u^{(1)}$ (après multiplexage) (Mbit/s)	Modulation ⁽¹⁾	Débit de codage ⁽¹⁾	Débit de symboles R_s (MBd)	Largeur de bande totale R_s (MHz)
Dispositif-MP (ISOG)	MP@ML	8,448	MDP-4	3/4	6,1113	8,25

⁽¹⁾ Voir la Recommandation UIT-T H.262 et la Recommandation UIT-R BO.1211.

4 Canaux de communication bidirectionnels

Ce sujet appelle un complément d'étude.

APPENDICE 1

À L'ANNEXE 1
(Pour information)

Exemples d'utilisation possible du système

Dans des configurations à une seule porteuse par répéteur, le débit de symboles de transmission R_s peut être adapté à une largeur de bande donnée, BW, du répéteur (à -3 dB) en fonction de la capacité de transmission maximale compatible avec la dégradation de signal acceptable (due aux limitations de largeur de bande du répéteur). Pour tenir compte des instabilités éventuelles dues à la température et au vieillissement, il est possible de se référer au gabarit de réponse en fréquence du répéteur.

Dans la configuration MRF à plusieurs porteuses, le débit de symboles R_s peut être adapté à l'intervalle de fréquences, BS, attribué au service dans le plan de fréquence, pour optimiser la capacité de transmission tout en maintenant à un niveau acceptable les brouillages mutuels entre les porteuses adjacentes.

Le Tableau 8 donne des exemples de la capacité de débit binaire utile maximum R_u pouvant être obtenue par le système en fonction des largeurs de bande attribuées BW ou BS. Les valeurs correspondant à des débits binaires très faibles ou très élevés seront peut-être sans intérêt pour certaines applications. Dans ces exemples, les rapports BW/ R_s ou BS/ R_s adoptés sont $\eta = 1 + \alpha = 1,35$, où α est le facteur d'amortissement de la modulation. Compte tenu de ce choix, on peut obtenir une dégradation E_b/N_0 négligeable due aux limitations de largeur de bande du répéteur ainsi qu'au brouillage par le canal adjacent causé à un canal linéaire. On peut obtenir des débits binaires plus élevés avec le facteur d'amortissement plus faible $\alpha = 0,25$ (facultatif pour les modulations MDP-8 et MAQ-16) et des rapports BW/ R_s ou BS/ R_s égaux à $\eta = 1 + \alpha = 1,25$.

Le Tableau 9 donne des exemples possibles d'utilisation du système pour la configuration à une seule porteuse par répéteur. Différentes modulations et différents débits de code interne sont indiqués avec les débits binaires pertinents. Conformément aux applications pratiques types, un rapport BW/ R_s égal à 1,31 est envisagé; il permet d'obtenir une efficacité d'utilisation du spectre légèrement supérieure à celle des exemples fournis dans le Tableau 8 pour les mêmes schémas de modulation/codage. La largeur de bande de répéteur envisagée de 36 MHz est suffisamment large pour permettre des transmissions 4:2:2P@ML à une seule voie par porteuse (SCPC, *single channel per carrier*) de haute qualité, ainsi que des transmissions MP@ML et 4:2:2P@ML à plusieurs voies par porteuse.

TABLEAU 8

Exemples de débits binaires maximums en fonction de la largeur de bande du répéteur (BW) ou de l'intervalle de fréquences (BS) pour BW/R_s ou $BS/R_s = \eta = 1,35$

BW ou BS (MHz)	$R_s = BW/1,35$ (MBd) ⁽¹⁾	R_u (Mbit/s) ⁽²⁾									
		MDP-4					MDP-8			MAQ-16	
		Débit 1/2	Débit 2/3	Débit 3/4	Débit 5/6	Débit 7/8	Débit 2/3	Débit 5/6	Débit 8/9 ⁽³⁾	Débit 3/4	Débit 7/8
72	53,333	49,1503	65,5338	73,7255	81,9172	86,0131	98,3007	122,876	131,068	147,451	172,026
54	40,000	36,8627	49,1503	55,2941	61,4379	64,5098	73,7255	92,1568	98,3007	110,588	129,020
46	34,074	31,4016	41,8688	47,1024	52,3360	54,9528	62,8032	78,5040	83,7376	94,2047	109,906
41	30,370	27,9884	37,3178	41,9826	46,6473	48,9797	55,9768	69,971	74,6357	83,9651	97,9593
36	26,666	24,5752	32,7669	36,8627	40,9586	43,0065	49,1503	61,4379	65,5338	73,725	86,0131
33	24,444	22,5272	30,0363	33,7908	37,5454	39,4227	45,0545	56,3181	60,0726	67,5817	78,8453
30	22,222	20,4793	27,3057	30,7190	34,1322	35,8388	40,9586	51,1983	54,6115	61,4379	71,6776
27	20,000	18,4314	24,5752	27,6471	30,7190	32,2549	36,8627	46,0784	49,1503	55,2941	64,5098
18	13,333	12,2876	16,3834	18,4314	20,4793	21,5033	24,5752	30,7190	32,7669	36,8627	43,0065
15	11,111	10,2397	13,6529	15,3595	17,0661	17,9194	24,5752	25,5991	27,3057	30,7190	35,8388
12	8,888	8,1917	10,9223	12,2876	13,6529	14,3355	16,3834	20,4793	21,8446	24,5752	28,6710
9	6,666	6,1438	8,1917	9,2157	10,2397	10,7516	12,2876	15,3595	16,3834	18,4314	21,5033
6	4,444	4,0959	5,4611	6,1438	6,8264	7,1678	8,1917	10,2396	10,9223	12,2876	14,3355
4,5	3,333	3,0719	4,0959	4,6078	5,1198	5,3758	6,1438	7,6797	8,1917	9,2157	10,7516
3	2,222	2,0480	2,7306	3,0719	3,4132	3,5839	4,096	5,1198	5,4611	6,1438	7,1678
1,5	1,111	1,0240	1,3653	1,5359	1,7066	1,7919	2,048	2,5599	2,7306	3,0719	3,5839

- (1) On peut adopter des rapports BW/R_s ou BS/R_s différents de $1 + \alpha$ pour répondre à des besoins de service différents. Par exemple, dans le cas du dispositif MP (voir le § 3.6), la transmission peut se faire dans un intervalle de fréquences de 9 MHz avec une marge de largeur de bande de 750 kHz. L'adoption de valeurs du rapport BS/R_s sensiblement inférieures à $1 + \alpha$ (par exemple, $BS/R_s = 1,21$ associé à $\alpha = 0,35$), pour améliorer le fonctionnement du spectre, mérite d'être étudiée soigneusement cas par cas, étant donné que de graves dégradations du fonctionnement peuvent survenir en raison des limitations de la largeur de bande ou du brouillage causé par le canal adjacent, en particulier avec les modulations MDP-8 et MAQ-16 et des débits de codage élevés (par exemple, 5/6 ou 7/8).
- (2) R_u correspond au débit binaire utile (format de 188 octets) après multiplexage MPEG-2; R_s (débit de symboles) correspond à la largeur de bande à -3 dB du signal modulé; $R_s(1 + \alpha)$ correspond à la largeur de bande théorique totale du signal après modulation.
- (3) La modulation MDP-8 au débit de 8/9 se prête à des répéteurs de satellite fonctionnant au niveau proche de la saturation, alors que la modulation MAQ-16 au débit de 3/4 offre une meilleure efficacité d'utilisation du spectre pour les répéteurs quasi linéaires, dans une configuration d'accès multiple par répartition en fréquence.

TABLEAU 9

Exemples de configurations de systèmes à satellites: une seule porteuse par répéteur

Largeur de bande de satellite (à -3 dB)	Mode du système	Débit de symboles R_s (MBd)	Débit binaire R_u (après multiplexage) (Mbit/s)	E_b/N_0 ⁽¹⁾ (spécification) (dB)
36	MDP-4, débit de 3/4	27,500	38,015	5,5
36	MDP-8, débit de 2/3	27,500	50,686	6,9

(1) Les valeurs du rapport E_b/N_0 correspondent à la spécification de la boucle FI pour un niveau « quasi exempt d'erreur » (voir le § 5). Les dégradations linéaire, non linéaire, ainsi que la dégradation de la qualité due aux brouillages, imputables au satellite, doivent être évaluées cas par cas; les valeurs se situent généralement entre 0,5 et 1,5 dB.

Les modulations à enveloppe quasi constante, comme la MDP-4 et la MDP-8, présentent un excellent rendement en puissance dans une configuration à une seule porteuse par répéteur car elles peuvent fonctionner sur des répéteurs au niveau proche de la saturation. Tel n'est pas le cas en revanche pour la modulation MAQ-16, qui ne peut fonctionner que sur des répéteurs quasi linéaires (c'est-à-dire avec un recul de sortie important). L'utilisation du facteur d'amortissement plus faible $\alpha = 0,25$ avec la modulation MDP-8 peut produire une dégradation non linéaire plus importante de la part du satellite.

Le Tableau 10 donne des exemples possibles d'utilisation du système pour la configuration à plusieurs porteuses avec MRF et pour le mode à une seule voie par porteuse. Différents modes de modulation/codage sont indiqués avec les débits binaires pertinents.

TABLEAU 10

**Exemples de configurations de systèmes à satellites: transmissions
à plusieurs porteuses avec multiplexage MRF, mode SCPC**

Largeur de bande du satellite (MHz)	Intervalle de fréquences (BS) (MHz)	Nombre d'intervalles de fréquences dans la largeur de bande	Codage vidéo	Mode du système	Débit de symboles (MBd)	BS/ R_s (Hz/Bd)	Débit binaire R_u (Mbit/s)	$E_b/N_0^{(1)}$ (spécification) (dB)
36	9	4	MP@ML	MDP-4, débit 3/4	6,1113	1,47	8,4480	5,5
36	18	2	4:2:2P@ML	MDP-4, débit 7/8	13,3332	1,35	21,5030	6,4
36	12	3	4:2:2P@ML	MDP-8, débit 5/6	9,3332	1,28	21,5030	8,9
36	9	4	4:2:2P@ML	MAQ-16, débit 7/8	6,6666	1,35	21,5030	10,7
72	18	4	4:2:2P@ML	MDP-4, débit 7/8	13,3332	1,35	21,5030	6,4

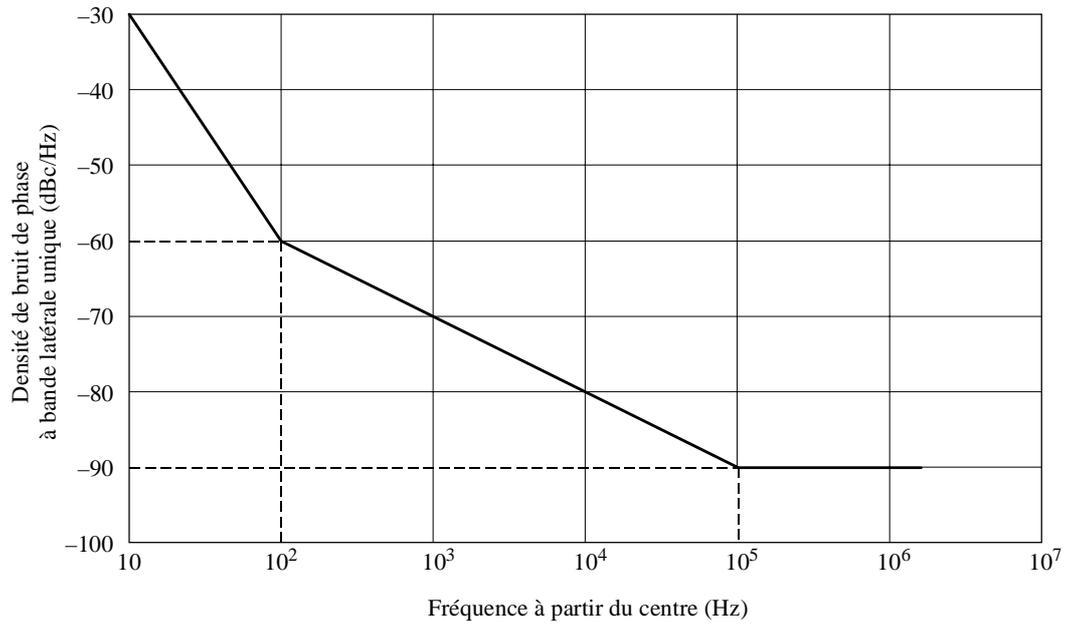
⁽¹⁾ Les valeurs du rapport E_b/N_0 correspondent à la spécification de la boucle FI pour un niveau « quasi exempt d'erreur » (voir le § 5). Les dégradations linéaire, non linéaire, ainsi que la dégradation de la qualité due aux brouillages, imputables au satellite, doivent être évaluées cas par cas; les valeurs se situent généralement entre 0,5 et 1,5 dB.

Dans la configuration MRF, le répéteur du satellite doit être quasi linéaire (c'est-à-dire avec un recul de sortie important) pour éviter les brouillages d'intermodulation excessifs entre les signaux. La modulation MAQ-16 peut donc être utilisée.

Lorsqu'il fonctionne en modes de modulation MDP-8 et MAQ-16, le système est plus sensible au bruit de phase que lorsqu'il fonctionne en mode MDP-4. La Fig. 13 donne un exemple de masque de bruit de phase à l'émission pour des porteuses avec débit d'informations < 2048 Mbit/s, d'après la spécification INTELSAT IESS-310 applicable aux modulations MDP-8 pragmatiques à codage en treillis.

FIGURE 13

Exemple de masque de bruit de phase continu à bande latérale unique (pour des porteuses avec des débits d'informations inférieurs ou égaux à 2 048 Mbit/s)



1421-13

NOTE 1 – Les concepteurs d'équipements doivent tenir compte des bruits de phase de l'ensemble du système qui se produisent dans le modulateur, dans les convertisseurs-élévateurs/abaisseurs de fréquence, dans le satellite et dans les oscillateurs du récepteur.
