

RECOMMANDATION UIT-R BO.787*

**Système MAC/paquets pour les services de radiodiffusion
de TVHD par satellite**

(Question UIT-R 100/11)

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que de nombreux pays ont établi des services de radiodiffusion télévisuelle en couleur en 625 lignes et à fréquence de trame de 50 Hz;
- b) qu'en vue de l'établissement d'un service de radiodiffusion par satellite le système MAC/paquets a été proposé en Europe, comme le préconise la Recommandation UIT-R BO.650;
- c) que l'introduction d'un service de radiodiffusion de TVHD est grandement favorisée par sa compatibilité avec le service de télévision existant;
- d) que le système HD-MAC est spécialement conçu pour être compatible avec le système moins performant MAC/paquets et conserve toutes les possibilités du MAC/paquets comme l'embrouillage en vue de l'accès conditionnel et les services de son numérique et de données;
- e) qu'on a proposé des normes de studio TVHD qui s'adaptent très bien au système HD-MAC, en utilisant par exemple 1 250 lignes et une fréquence d'image de 50 Hz;
- f) que le signal HD-MAC sert aussi en aval à la distribution sur réseaux de câbles;
- g) que le système HD-MAC a été essayé et utilisé lors de plusieurs événements importants, et que certaines administrations souhaiteraient recevoir ces signaux,

recommande

qu'une administration ou organisation qui souhaite lancer un service de radiodiffusion MAC/paquets en 1 250 lignes et à fréquence d'image de 50 Hz de TVHD par satellite qui soit compatible avec le système moins performant MAC/paquets, utilise des signaux conformes à la spécification HD-MAC exposée dans l'Annexe 1.

NOTE 1 – L'UER procède actuellement à une série d'évaluations du signal HD-MAC.

* La Commission d'études 6 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

ANNEXE 1

Spécification du signal du système HD-MAC/paquets**Introduction**

HD-MAC est conçu pour répondre aux plus sévères critères de qualité et permettre l'introduction de services de TVHD dans les services MAC/paquets ou directement comme nouveaux services.

En conséquence, la spécification pour l'Europe d'un système de télévision à haute définition (TVHD), étudié dans le cadre du projet européen EUREKA 95, repose, pour sa description complète, sur celle de la famille MAC/paquets que présente la Recommandation UIT-R BO.650.

Les paragraphes suivants présentent la spécification du HD-MAC/paquets. Ils sont numérotés comme les parties de la spécification du MAC/paquets que donne le Chapitre 3 de la Publication spéciale de l'UIT-R sur les systèmes d'émission pour le service de radiodiffusion par satellite (SRS).

Pour les futures générations de systèmes destinés au SRS, on envisage d'autres caractéristiques d'émission: par exemple, une augmentation de sensibilité de la déviation de fréquence, de la largeur de bande du canal et de la déviation crête de la dispersion d'énergie. Toutefois, on a conscience que ces modifications des caractéristiques doivent être compatibles à la fois avec le système MAC/paquets et, le cas échéant, les Appendices 30 et 30A du Règlement des radiocommunications.

1 Multiplex par répartition dans le temps et transmission de données

Le multiplex par répartition dans le temps sert à multiplexer l'image, le son et les données des émissions HD-MAC qui comprennent deux membres de la famille MAC/paquets: les systèmes D-HD-MAC/paquets et D2-HD-MAC/paquets. Ces deux systèmes conviennent à la radiodiffusion par satellite et à tout moyen de transmission qui garantit une bande de base d'environ 11 MHz (voir le Tableau 1). En particulier, on peut les utiliser dans un réseau à modulation MA-BLR à canaux espacés de 12 MHz.

1.1 Structure du multiplex

La structure du multiplex repose sur une trame numérique de 40 ms qui comprend 625 lignes de 64 μ s chacune. Il consiste en trois composantes principales (voir la Fig. 1):

- le signal image HD-MAC que décrit le § 2;
- la salve de données de la suppression ligne qui contient le multiplex son/données;
- la salve de données de la suppression image qui contient le multiplex DATV/données (DATV: données d'assistance).

La capacité disponible dans la suppression ligne est nominale équivalente à 4 voies son de haute qualité (ou 8 de qualité moyenne) compatibles avec le système D2-MAC/paquets pour le système D2 et 8 voies son de haute qualité (ou 16 de qualité moyenne) compatibles avec le système D-MAC/paquets pour le système D.

TABLEAU 1

Caractéristiques vidéo générales du signal image HD-MAC

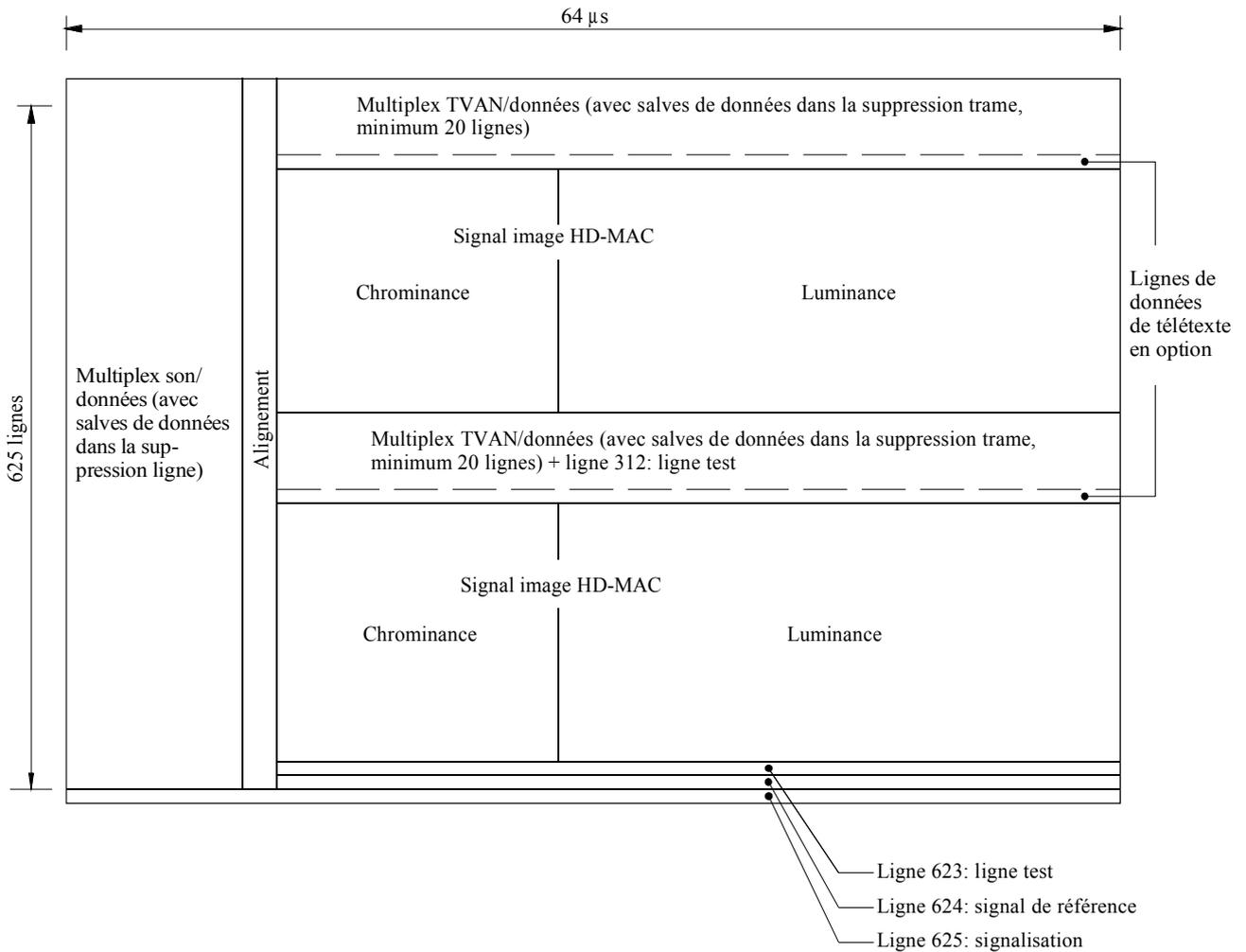
Nombre de lignes émises par image:	625
Nombre de trames par seconde:	50
Rapport d'entrelacement:	2:1
Largeur de bande analogique:	11,14 MHz ⁽¹⁾
Format de l'image:	16:9 (associé à une information de centrage pour écrans 4:3 compatibles)
Rapports de compression	
Luminance:	3:2
Différence de couleur:	3:1
Fréquence d'échantillonnage:	20,25 MHz ⁽²⁾
Réception en haute définition	
Résolution de luminance	
horizontale	
statique et poursuite du mouvement:	620 c/lia ⁽³⁾
mouvement non poursuivi:	310 c/lia
verticale	
statique:	400 c/hpp ⁽³⁾
mouvement:	200 c/hpp
Réception compatible	
Nombre d'échantillons par ligne active	
luminance:	697
différence de couleur:	349

- (1) Permet un filtre de Nyquist 10% réalisable.
- (2) Fréquence d'échantillonnage MAC classique avec déphasage.
- (3) Cycles par largeur d'image active/hauteur possible dans la pratique.

Dans la suppression image, le multiplex DATV/données occupe 40 salves de données de suppression image par image vidéo, 20 par suppression image choisies dans les lignes N° 1 à N° 22 et N° 311 à N° 334 incluses, sauf la ligne N° 312. Les deux systèmes offrent une capacité d'environ 1,1 Mbit/s dans la suppression image. Cette capacité sert essentiellement à transmettre les données de DATV (voir le § 2.4). La capacité restante est disponible pour d'autres applications comme le télétexte ou d'autres services de données.

FIGURE 1

Structure générale du MRT HD-MAC/paquets



D01

1.2 Synchronisation et autres signaux

La synchronisation est identique à celle du système MAC/paquets, c'est-à-dire qu'elle est assurée par des mots de synchronisation de ligne et une séquence de synchronisation de trame. Ces deux signaux servent à identifier la parité de la trame. La parité de trame sert à repérer la période de codage HD-MAC d'une durée de 80 ms, avec les correspondances suivantes: la première trame de la période de codage HD-MAC est la première trame d'une image impaire et la quatrième trame de la période de codage HD-MAC est la deuxième trame d'une image paire (où les trames sont celles d'une image normale à 625 lignes entrelacées).

Dans la suppression image les lignes N° 312 et N° 623 sont en permanence réservées à l'émission de signaux d'essai. Ces signaux sont compatibles avec les spécifications des appareils de mesure MAC/paquets. En outre, sur deux images, la première partie de la ligne N° 312 contient une séquence pseudo-aléatoire de 512 bits qui sert avant tout à faciliter l'égalisation.

Les autres signaux sont les mêmes que pour le signal MAC/paquets. Il y a une période d'alignement sur chaque ligne, sauf sur la ligne N° 625 qui sert à la signalisation et achemine en particulier la description de la structure du multiplex à répartition dans le temps. Un nouveau paramètre a été introduit pour identifier le multiplex DATV/données.

1.3 Codage des données et multiplexage avec l'image

La portion données est transmise en codage duobinaire comme pour les membres correspondants de la famille MAC/paquets (voir la Recommandation UIT-R BO.650).

Dans la salve de données de la suppression ligne, le débit binaire instantané est égal à 10,125 Mbit/s pour le système D2 et à 20,25 Mbit/s pour le système D. Dans les deux systèmes, le débit binaire instantané de la salve de données de la suppression trame est égal à 20,25 Mbit/s.

Dans les multiplex des suppressions ligne et trame les données sont transmises par paquets. Le format du paquet est le même que celui qui est défini pour le son et les autres applications dans la spécification du MAC/paquets. Un paquet est un bloc de 751 bits divisé en deux parties: l'en-tête du paquet et la zone de données. L'en-tête du paquet comprend un code adresse unique alloué à un service particulier tel qu'un son ou les données de DATV. La zone de données a une longueur de 91 octets; le premier d'entre eux est en général un octet de type du paquet qui peut servir à identifier les divers rôles des paquets.

L'entrelacement des bits s'applique à toutes les données acheminées sous forme de paquet afin de réduire les conséquences d'erreurs binaires multiples. Après cet entrelacement, on effectue la dispersion d'énergie en ajoutant (modulo 2) aux données une séquence de brassage avant la conversion N/A. En outre, dans les paquets, les données utiles peuvent être embrouillées par addition modulo 2 d'une séquence pseudo-aléatoire. On recourt à un embrouillage de ce genre dans le mode à accès conditionnel.

Le multiplex s'obtient en ajoutant la composante analogique au signal de données duobinaire qui est aligné sur le niveau zéro pendant le temps où la composante numérique n'est pas transmise.

2 Le signal HD-MAC

Le schéma de codage à RB de HD-MAC (RB signifie en général réduction de la largeur de bande sauf pour le décodeur où il signifie restauration de la largeur de bande) repose sur le concept de DATV. Le signal HD-MAC ainsi obtenu se compose donc du signal image HD-MAC et des données de DATV. Le signal image HD-MAC résulte de la compression MAC du signal à largeur de bande réduite. On a établi la spécification en vue d'une bonne compatibilité avec les récepteurs MAC.

2.1 Caractéristiques générales vidéo du signal image HD-MAC

Elles se trouvent au Tableau 1.

2.2 Signal image à largeur de bande réduite

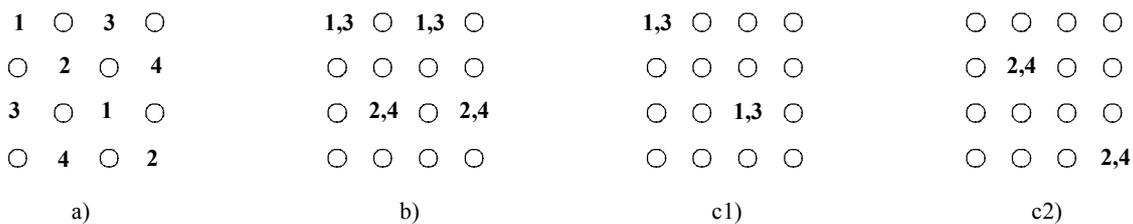
Le codeur à RB HD-MAC a trois branches de codage de la luminance qui comportent toutes des réseaux de sous-échantillonnage en quinconce (Fig. 2):

- une branche de 80 ms à résolution à haute définition (HD) pour les plages stationnaires;

- une branche de 40 ms à compensation du mouvement pour les vitesses inférieures à 12 échantillons par 40 ms;
- une branche de 20 ms pour les déplacements rapides et les modifications brusques de l'image, non activée pour les films à 25 images/s.

FIGURE 2

Structures de sous-échantillonnage de la luminance sur une grille d'échantillonnage 1 250/50/2
avec fréquence d'échantillonnage de 54 MHz



- a) Structure de sous-échantillonnage spatio-temporelle à 80 ms
- b) Structure de sous-échantillonnage spatio-temporelle à 40 ms
- c1) Structure de sous-échantillonnage spatio-temporelle à 20 ms pour les images impaires
- c2) Structure de sous-échantillonnage spatio-temporelle à 20 ms pour les images paires

0787-02

La Fig. 3 indique pour les divers modes la gamme des fréquences spatiales qu'on peut émettre. Pour acheminer l'information que contient un système HD à 1250 lignes dans un canal MAC/paquets à 625 lignes, on utilise un procédé appelé «brassage». Pour les branches à 80 et 20 ms on se sert d'un brassage intratrame (ou brassage de ligne): le contenu de deux lignes de source intratrame est transmis sous forme d'une ligne MAC/paquets en entrelaçant les échantillons HD. Les propriétés de la voie de transmission MAC/paquets permettent de séparer ces échantillons dans le récepteur. Pour la branche à 40 ms, on emploie le brassage intertrame; le contenu d'une trame de source est envoyé alternativement sur les trames d'émission impaire et paire (saut de trame).

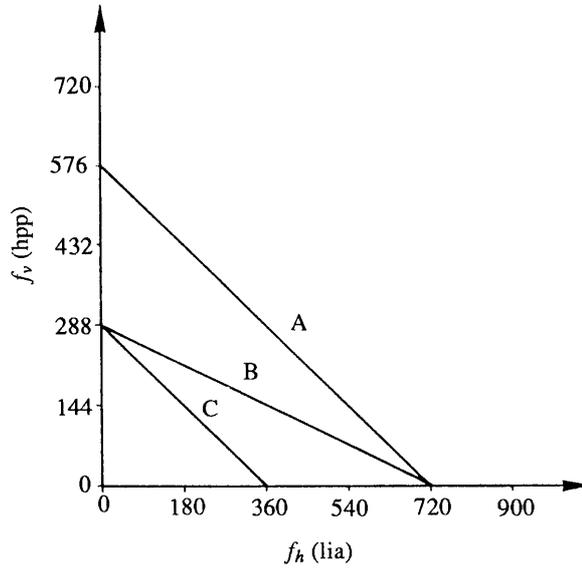
La branche à 40 ms comprend la compensation du mouvement. Un vecteur mouvement est émis pour chaque bloc de 16 échantillons par 16 lignes sur la grille HD au moyen des données de DATV. La reconstitution des trames manquantes se fait en interpolant les trames disponibles en fonction de la direction du mouvement local.

Le codeur HD-MAC à réduction de la largeur de bande a trois branches de codage de la différence de couleur, la première et la troisième utilisant un réseau en quinconce, la deuxième un réseau orthogonal de sous-échantillonnage (Fig. 4):

- une branche de 80 ms à résolution HD pour les plages stationnaires;
- une branche de 40 ms pour les mouvements lents ou les modifications progressives de l'image, pour des vitesses inférieures à 6 échantillons/ms;
- une branche de 20 ms pour les déplacements rapides et les modifications brusques de l'image, non activée pour les films à 25 images/s.

FIGURE 3

Intervalle du domaine des fréquences spatiales
qu'on peut transmettre dans le cas des structures d'échantillonnage
de luminance que présente la Fig. 2



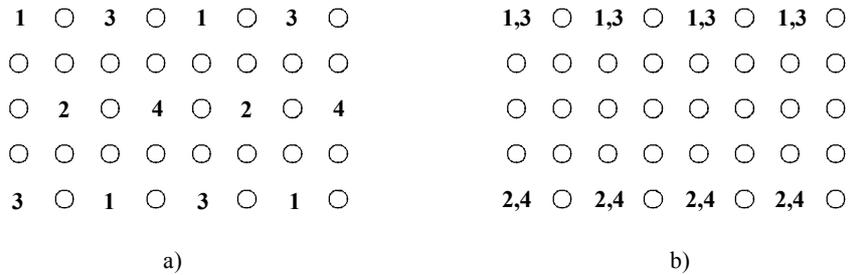
hpp: hauteur possible dans la pratique
lia: cycles par largeur d'image active

Courbes A: mode 80 ms
B: mode 40 ms
C: mode 20 ms

0787-03

FIGURE 4

Structures de sous-échantillonnage de la différence de couleur sur une grille
d'échantillonnage 1 250/50/2 avec fréquence d'échantillonnage de 27 MHz



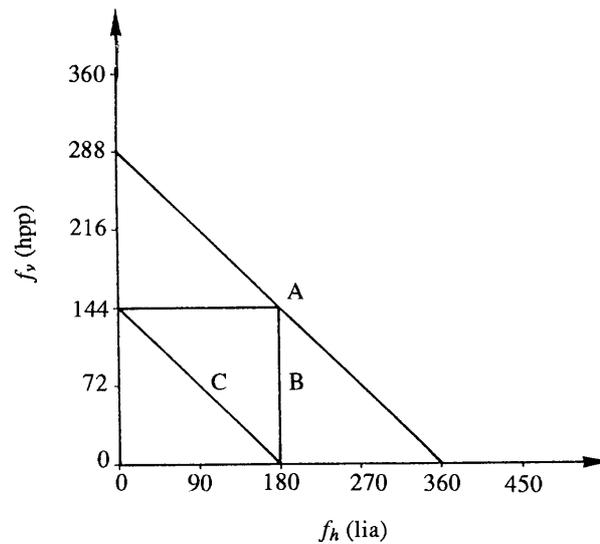
a) Structure de sous-échantillonnage spatio-temporelle à 80 et 20 ms
b) Structure de sous-échantillonnage spatio-temporelle à 40 ms

0787-04

La Fig. 5 indique pour les divers modes la gamme des fréquences spatiales qu'on peut émettre. On utilise un brassage intratrame sur les branches à 80 et 20 ms et intertrame pour la branche à 40 ms. La compensation du mouvement n'est pas appliquée au signal différence de couleur: pour les vitesses de 7 à 12 échantillons par 40 ms, la luminance est traitée par une branche à 40 ms et la différence de couleur par une branche à 20 ms.

FIGURE 5

Portion du spectre des fréquences spatiales
de différence de couleur qu'on peut transmettre



hpp: hauteur possible dans la pratique
lia: cycles par largeur d'image active

Courbes A: mode 80 ms
B: mode 40 ms
C: mode 20 ms

D03-sc

Avant émission, on met en œuvre diverses techniques de contre-mesure pour obtenir une qualité d'image compatible satisfaisante:

- affaiblissement dans le sens vertical pour réduire le repliement spatial et le tremblement interligne (VCI);
- lissage dans le sens du mouvement pour réduire les saccades dans les plages de l'image traitées selon le mode 40 ms (MCCI);
- affaiblissement spatio-temporel dans le sens temporel fonction de la fréquence pour réduire le tremblement des bords dans les plages de l'image à faible activité temporelle (TCI).

Le décodeur HD-MAC effectue les opérations inverses.

2.3 Signal image HD-MAC

Le signal image transmis sur chaque ligne comprend le signal de luminance comprimé et l'un des signaux de différence de couleur comprimé (permutés d'une ligne à l'autre). Le taux d'échantillonnage à l'émission est de 20,25 MHz comme pour le signal MAC. Toutefois, pour éviter la confusion des phases d'échantillonnage sous-Nyquist, sur toutes les deuxième et quatrième trames, tous les échantillons vidéo sont retardés de $T/2 \approx 24,7$ ns. Après compression MAC, on effectue autour de la fréquence de Nyquist de 10,125 MHz une préaccentuation non linéaire suivie d'un filtrage de Nyquist (décrit au § 7).

On peut, en vue de l'accès conditionnel, embrouiller l'image HD-MAC conformément à la spécification MAC/paquets.

2.4 Données de DATV

L'information de traitement de l'image est mise en œuvre bloc par bloc. Sur la grille HD, un bloc a une dimension de 16 échantillons par 16 lignes et une image complète est divisée en 6 480 blocs. Pour chaque bloc, l'information de base consiste en une décision de choix de branche (traitement à 80, 40 ou 20 ms) et en cas de choix du mode 40 ms en un vecteur de mouvement VM.

En vue de sa transmission dans la voie de DATV, l'information de base est comprimée comme suit. Dans une période de codage quantifiée de 80 ms, il n'y a que cinq trajets temporels possibles et, à des fins de cohérence, les choix de branche sont fixes au cours d'une durée d'image (40 ms): 4 trames de 80, 4 trames de 40, 2 trames de 40 suivies de 2 trames de 20, 2 trames de 20 suivies de 2 trames de 40 et 4 trames de 20. Les vecteurs mouvement des blocs de 40 ms, par définition constants sur une image, sont codés sur deux images. Les valeurs absolues figurent dans la première image (intervalle de ± 6 échantillons par 20 ms, horizontal et vertical: 169 valeurs) et on obtient la meilleure approximation dans la seconde image en se référant aux blocs contigus de l'image précédente (il n'y a que 9 possibilités, ou 8 si le bloc de la première image est traité en mode 20 ms; si aucun de ces 9 (8) vecteurs ne convient, cela veut dire qu'il se produit une modification locale brusque qu'il faudrait traiter sur la branche à 20 ms).

Il en résulte que l'information de DATV que contient le signal de choix de branche et la description du vecteur mouvement permettent 1 700 possibilités codées en mots de code de longueur 11 bits. Avec 6 480 blocs par période de codage de 80 ms, on obtient un débit binaire de 891 kbit/s. L'information de commutation de la différence de couleur est tirée des données DATV pour la luminance.

On ajoute des informations supplémentaires comme une séquence de caractéristiques, d'autres informations de traitement et une protection contre les erreurs par un code Fire (90,82). Le résultat est transmis en paquets inclus dans le multiplex DATV/données de la suppression trame, sous le format de paquet que décrit le § 1.3. Le débit maximal de 56 paquets par image est équivalent à un débit binaire net de 1,008 Mbit/s. Toutes les données de DATV qui concernent une période de codage de 80 ms sont transmises au cours de la période de 80 ms précédente.

3 Son

Actuellement, le son est codé conformément à la spécification MAC/paquets pour garantir une réception compatible. Les principales caractéristiques du codage sont les suivantes:

- fréquence d'échantillonnage: 32 kHz pour haute qualité, 16 kHz pour qualité moyenne;

- méthodes de codage: linéaire à 14 bits par échantillon ou quasi instantané à 10 bits par échantillon;
- protection contre les erreurs: premier niveau par un bit de parité par échantillon, second niveau par code de Hamming à 5 bits par échantillon.

On disposera dans la même capacité du MAC/paquets compatible de méthodes de codage supplémentaires à forte compression pour obtenir davantage de voies son, y compris le son d'ambiance, exigées par le service de TVHD.

4 Télétexte

Pour coder le télétexte selon la spécification MAC/paquets, on profite, soit des lignes libres de la suppression trame, soit de la capacité disponible dans un des multiplex de paquets.

5 Identification du service

La voie d'identification du service est codée selon la spécification MAC/paquets. On introduit un nouveau paramètre pour décrire la voie de données de DATV dans le multiplex DATV/données.

6 Accès conditionnel

Toutes les méthodes de contrôle d'accès possibles en exploitation du MAC/paquets sont utilisables avec le HD-MAC/paquets.

7 Caractéristiques de modulation

7.1 Signal en bande de base

Le codage du signal image HD-MAC qui est fondé sur le sous-échantillonnage suppose que la voie de transmission dans son ensemble préserve l'indépendance des échantillons consécutifs à 20,25 MHz. Cette condition est satisfaite si la voie équivalente en bande de base répond au premier critère de Nyquist au voisinage de 10,125 MHz.

Les échantillons HD-MAC subissent un autre processus, à savoir une préaccentuation non linéaire. D'une part, l'accroissement de la largeur de la bande de base qui est portée à 11,14 MHz et d'autre part, la diminution de la distance d'observation de l'image TV rendent le système plus sensible aux brouillages et au bruit que le MAC classique. Actuellement, la préaccentuation non linéaire est mise en œuvre sous forme numérique de la façon suivante:

7.1.1 Réseau de préaccentuation non linéaire

Cette spécification correspond à celle du D-MAC/paquets. La Fig. 6 présente le schéma de principe. La préaccentuation non linéaire (E7) ne s'applique qu'aux échantillons vidéo.

<i>Filtre passe-haut</i>	F1: fréquence d'horloge:	20,25 MHz
	Réponse en phase:	linéaire

F1 est un filtre numérique à 7 coefficients avec les valeurs suivantes:

$$\begin{aligned} C_0 &= 180/256 \\ C_1 &= C_{-1} = -58/256 \\ C_2 &= C_{-2} = -25/256 \\ C_3 &= C_{-3} = -7/256 \end{aligned}$$

On les norme pour avoir un gain nominal AC égal à 1.

Retard T : 3 périodes d'horloge

Fonction non linéaire N_1 définie par la formule $V_o = f(V_i) - V_i$

où:

V_o : sortie du réseau

V_i : entrée du réseau.

$f(V_i)$ est défini par la formule $V = f(V_i)$

où:

$$V_i = \frac{V}{C} + \frac{1}{B} \ln \left[\frac{V + \sqrt{V^2 + (2AC)^2}}{2AC} \right]$$

avec:

$$\begin{aligned} A &= 0,011 \\ B &= 19,8 \\ C &= 1,5225 \end{aligned}$$

Fonction non linéaire N_2 définie par la formule:

$$V_o = V_i \left[\frac{1-C}{C} \right] + \frac{1}{B} \ln \left[\frac{V_i + \sqrt{V_i^2 + (2AC)^2}}{2AC} \right]$$

où:

V_o : sortie du réseau

V_i : entrée du réseau.

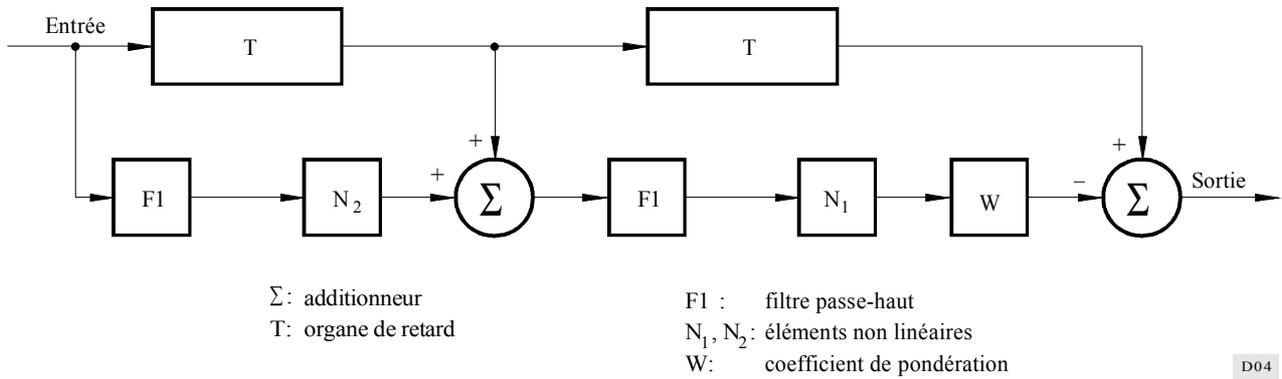
Les Fig. 7 et 8 présentent les fonctions non linéaires N_1 et N_2 . A noter que les niveaux d'entrée et de sortie V_i et V_o sont exprimés sous forme normalisée par rapport à la gamme des signaux d'entrée du réseau de préaccentuation non linéaire où l'intervalle $(-0,5, 0,5)$ correspond à l'écart entre niveaux constants du noir et du blanc.

On a choisi un réseau de préaccentuation complexe pour pouvoir mettre en œuvre un réseau de désaccentuation simple.

La préaccentuation ne s'applique qu'aux échantillons vidéo actifs et les transitions entre le mode avec E7 et le mode sans E7 sont provoquées. On inclut le réseau de pondération de la Fig. 6.

FIGURE 6

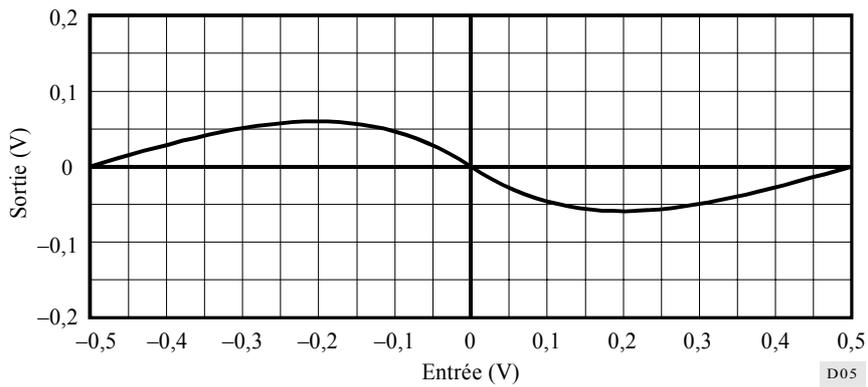
Réseau de préaccentuation non linéaire



D04

FIGURE 7

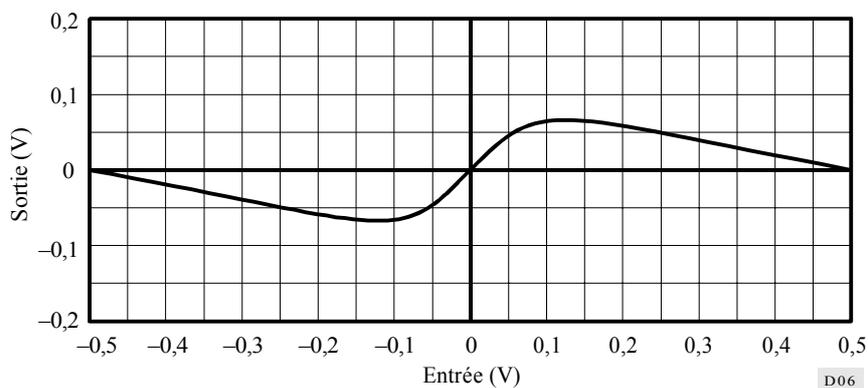
Fonction non linéaire N_1



D05

FIGURE 8

Fonction non linéaire N_2



D06

Pour les lignes d'image actives N° 23 à N° 310 et N° 335 à N° 622 incluses, les poids des transitions sont les suivants:

Poids de la transition	Echantillon N°	
	MAC embrouillé	MAC non embrouillé
0	1 à 225 inclus	1 à 231 inclus
1/8	226	232
1/2	227	233
7/8	228	234
1	229 à 1 287 inclus	235 à 1 287 inclus
7/8	1 288	1 288
1/2	1 289	1 289
1/8	1 290	1 290
0	1 291 à 1 296 inclus	1 291 à 1 296 inclus

7.1.2 Filtrage de Nyquist

On applique le filtrage de Nyquist en aval de la préaccentuation non linéaire ci-dessus.

Pour la radiodiffusion par satellite et pour la distribution par câble, on a le même facteur global de coupure de 10% et la même répartition par moitié entre l'émetteur et le récepteur du filtrage de Nyquist correspondant uniquement pour le signal vidéo HD-MAC.

La fonction de transfert théorique du demi-filtre de Nyquist est définie par la formule suivante (voir la Fig. 9a):

$$\begin{aligned}
 H(f) &= 1 && \text{pour} && |f| < \frac{1}{2T}(1 + \alpha) \\
 H(f) &= \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \pi T \left(\frac{\frac{1}{2T} - |f|}{\alpha} \right)} && \text{pour} && \frac{1}{2T}(1 - \alpha) \leq |f| \leq \frac{1}{2T}(1 + \alpha) \\
 H(f) &= 0 && \text{pour} && |f| < \frac{1}{2T}(1 + \alpha)
 \end{aligned}$$

où:

$$1/T = 20,25 \text{ MHz et } \alpha = 0,1.$$

Voir sur la Fig. 9b la fonction de transfert théorique et le gabarit que doit respecter la fonction de transfert du matériel mis en œuvre côté émetteur.

Les caractéristiques et les spécifications du filtre indiquées seront confirmées ultérieurement.

FIGURE 9a
Réponse théorique du demi-filtre de Nyquist à coupure en 10%

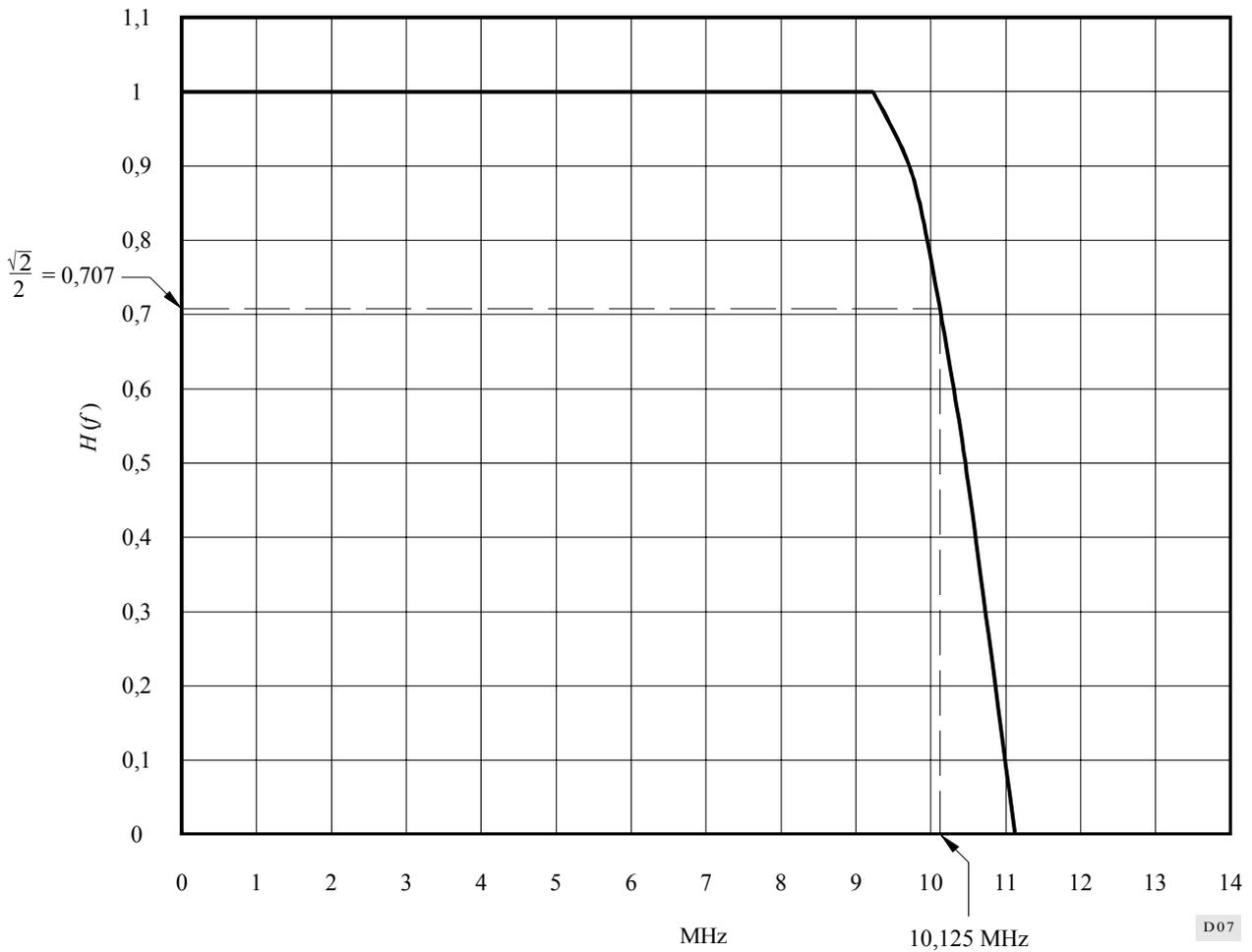
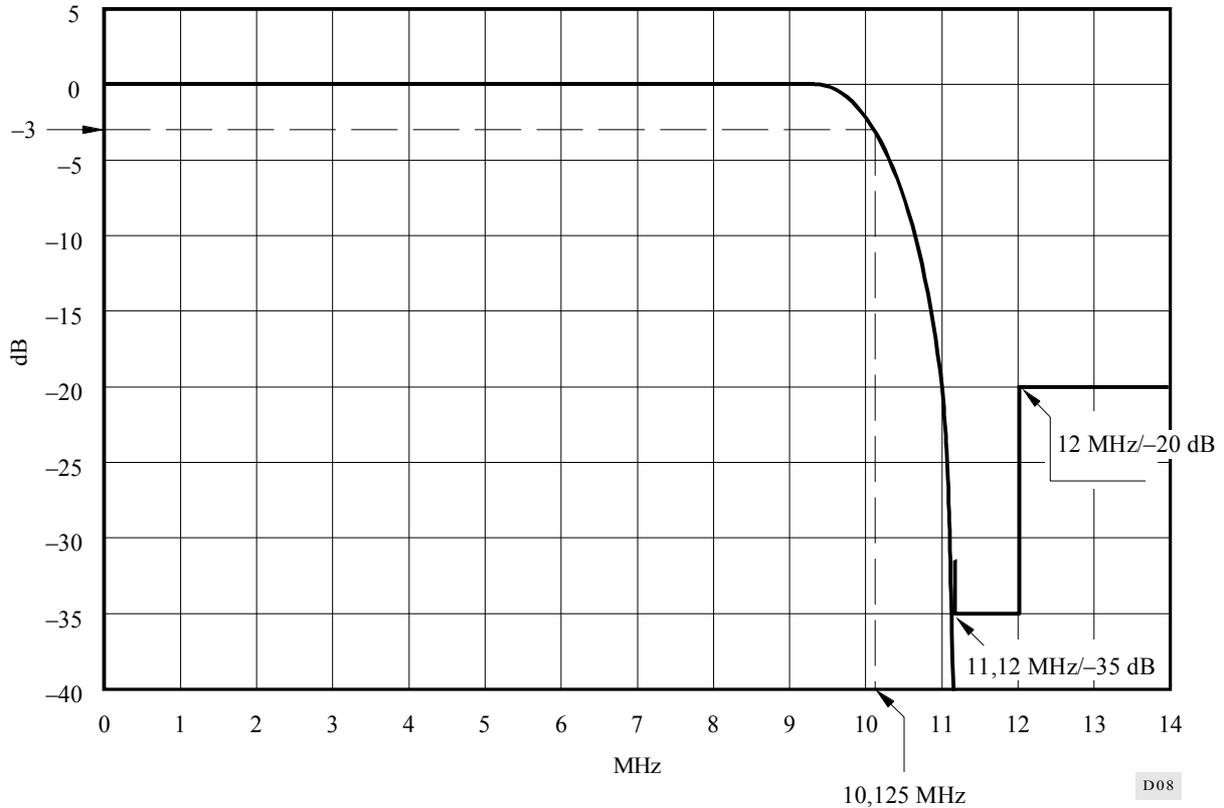


FIGURE 9b

Gabarit de la fonction de transfert du demi-filtre numérique de Nyquist de l'émetteur



7.2 Caractéristiques de modulation du SRS

Le Tableau 2 les résume.

TABLEAU 2

Caractéristiques de modulation pour le SRS

Largeur de bande nominale du signal image:	10,125 MHz à -3 dB
Largeur de bande nominale du canal:	27 MHz
Modulation:	MF
Polarité de la modulation de fréquence:	positive
Composante continue:	préservée
Caractéristiques de préaccentuation:	non linéaire pour les seuls échantillons HD-MAC et linéaire pour la totalité du multiplex (comme pour MAC)
Déviaton de fréquence:	13,5 MHz à la fréquence de transition du réseau de préaccentuation linéaire (1,37 MHz)
Dispersion d'énergie:	signal triangulaire à fréquence image (déviaton correspondante de la porteuse: 600 kHz crête-à-crête)

7.2.1 Méthode de modulation

Pour toute la bande de base du signal D- ou D2-HD-MAC/paquets, on utilise la modulation de fréquence. La préaccentuation linéaire s'applique à la totalité du signal en bande de base; on y ajoute la dispersion d'énergie et le signal module une porteuse en fréquence.

Le passage du signal de luminance du noir au blanc correspond à une augmentation de la fréquence à l'entrée du récepteur.

7.2.2 Sensibilité de la déviation

La sensibilité nominale de la déviation de fréquence sera de 13,5 MHz/V à la fréquence de transition du réseau de préaccentuation linéaire. Compte tenu de l'effet de la préaccentuation linéaire (voir le § 7.2.3), cela correspond aux fréquences basses à une déviation de 9,54 MHz pour le signal image (transition noir à blanc du signal de luminance).

7.2.3 Préaccentuation linéaire

Avant émission, le signal en bande de base du système D- ou D2-HD-MAC/paquets sera préaccentué au moyen du réseau dont la caractéristique de transfert (que présente la Fig. 10) est définie par la formule:

$$H(f) = A \left(\frac{1 + j \left(\frac{f}{f_1} \right)}{1 + j \left(\frac{f}{f_2} \right)} \right)$$

Les caractéristiques du réseau de préaccentuation linéaire sont les suivantes:

$$A = 1/\sqrt{2}$$

$$f_1 = 0,84 \text{ MHz}$$

$$f_2 = 1,5 \text{ MHz}$$

7.2.4 Dispersion d'énergie

On ajoutera au signal global en bande de base un signal de dispersion d'énergie (voir la Fig. 11). Il consiste en un signal triangulaire synchrone de l'image de fréquence 25 Hz et de déviation 600 kHz crête-à-crête après modulation du canal radiofréquence.

Au début de la ligne, la déviation de dispersion réduira de 300 kHz la fréquence de la porteuse.

7.2.5 Reconstitution de la composante continue

La reconstitution de la composante continue affectera l'ensemble du signal en bande de base à l'entrée du modulateur de fréquence. La fréquence de la porteuse pour une différence de couleur nulle est donnée par $f_0 + f_d$

où:

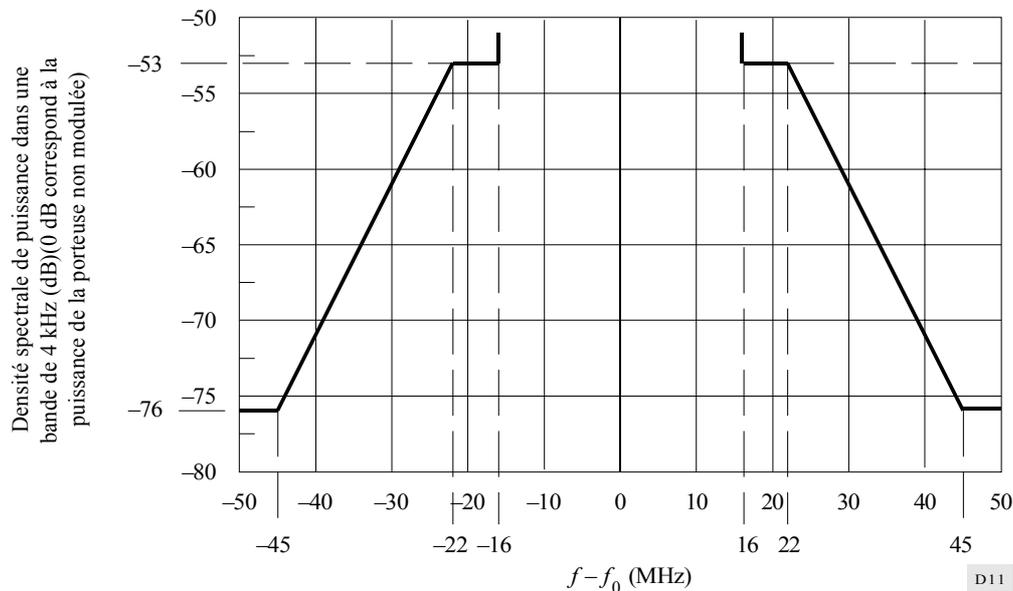
f_0 : fréquence centrale du canal

f_d : déviation de fréquence instantanée due au signal de dispersion d'énergie.

7.2.6 Rayonnements hors bande du signal global

Le signal rayonné, mesuré dans 4 kHz, doit tenir dans le gabarit de la Fig. 12.

FIGURE 12
Gabarit pour le signal global à la sortie du satellite



7.3 Caractéristiques de modulation pour la distribution par câble

7.3.1 Caractéristiques de la modulation

7.3.1.1 Méthode de modulation

Le signal en bande de base multiplexé dans le temps modulera la porteuse en amplitude à BLR.

7.3.1.2 Sens de modulation

Le sens de modulation sera négatif.

7.3.1.3 Profondeur de modulation

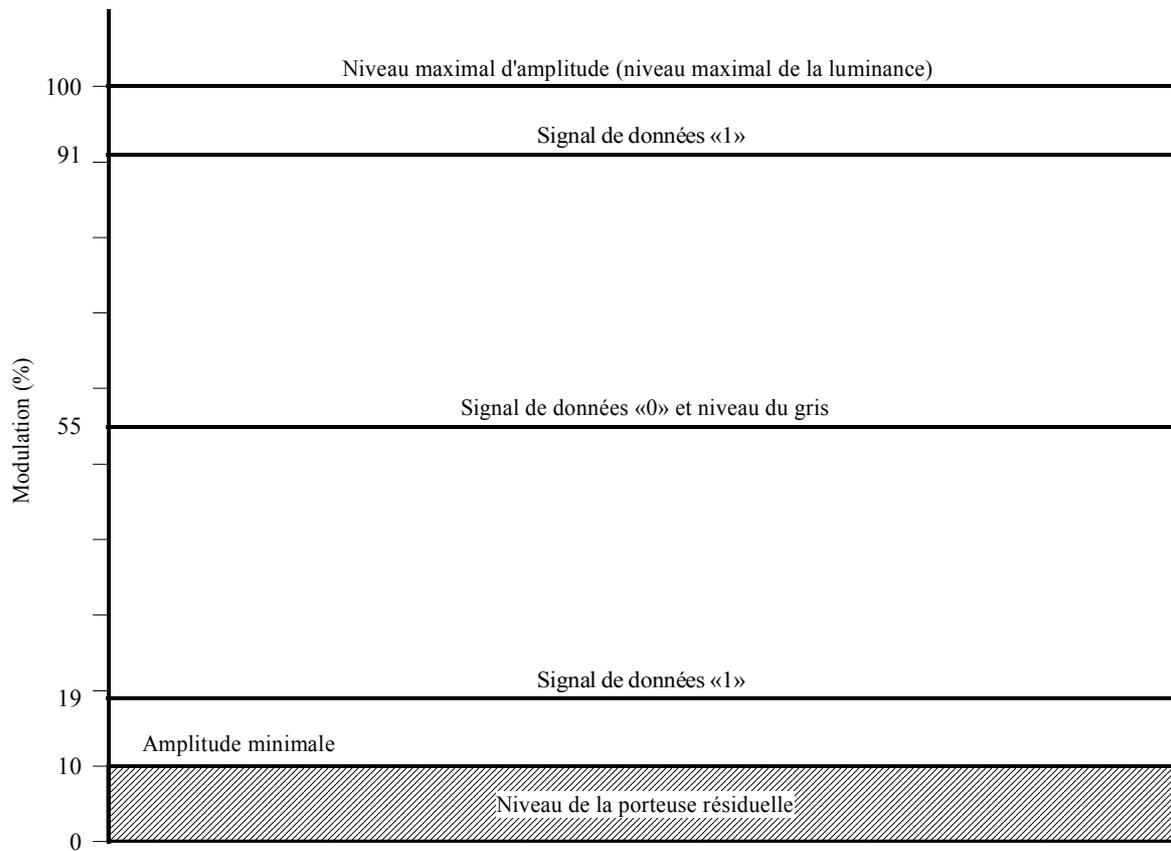
On prend pour repère 100% l'amplitude crête de la porteuse image. Le niveau minimal de la porteuse image correspond à 10%. Dans ces conditions, le niveau «1» du signal de données correspond à une modulation à 19 et 91% et le niveau «0» à 55% (voir la Fig. 13).

7.3.1.4 Espacement des canaux

Il est recommandé de prendre comme norme commune un espacement des canaux de 12 MHz.

FIGURE 13

Niveau de modulation (avant filtrage à l'émission)



D12

7.3.2 Spécification du filtre FI

Le filtrage de Nyquist à la fréquence de la porteuse image (Nyquist porteuse) est effectué en totalité dans le modulateur MA/BLR HD-MAC.

Le filtrage de Nyquist au second point de Nyquist à 10,125 MHz (Nyquist HD) s'effectue en bande de base et il est également réparti entre l'émetteur (codeur HD-MAC) et le récepteur (terminaison HD-MAC).

7.3.2.1 Filtrage dans le modulateur

Filtrage de Nyquist autour de la porteuse image

La caractéristique du filtrage que subit la BLR est, en échelle linéaire, antisymétrique par rapport à la fréquence de la porteuse image.

Caractéristique d'amplitude

La Fig. 14 présente le gabarit conseillé pour la caractéristique d'amplitude du filtre FI d'émission. La valeur nominale de la raideur de la caractéristique de Nyquist est ± 500 kHz (linéaire). Pour plus de détails, voir le gabarit.

Caractéristique de phase

Le filtre sera linéaire en phase.

La Fig. 15 présente le gabarit recommandé pour la caractéristique de phase.

FIGURE 14

Filtre FI du modulateur: gabarit de la réponse en amplitude

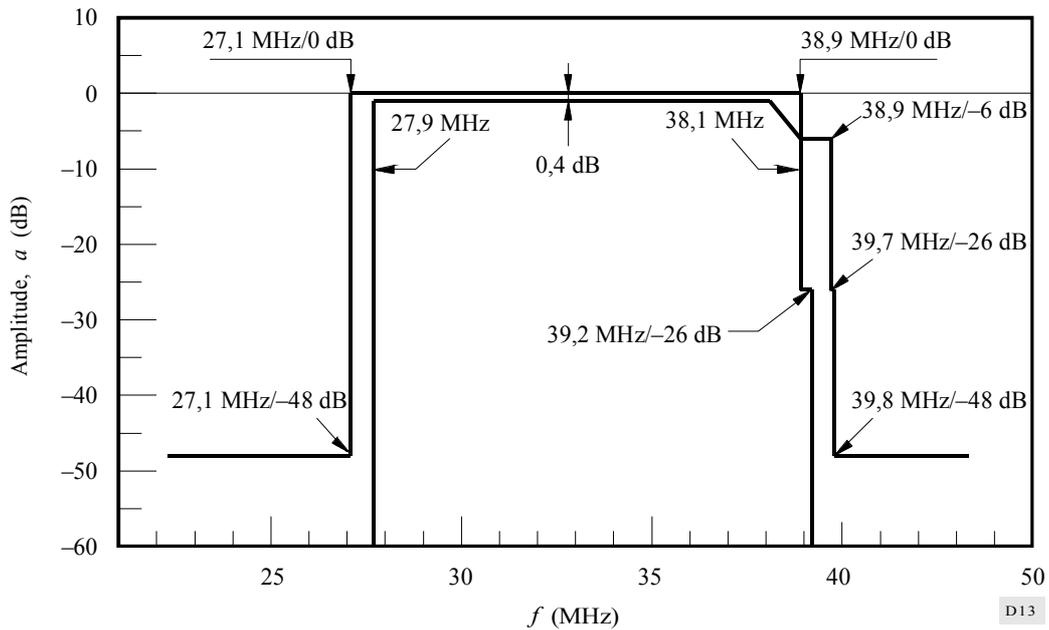
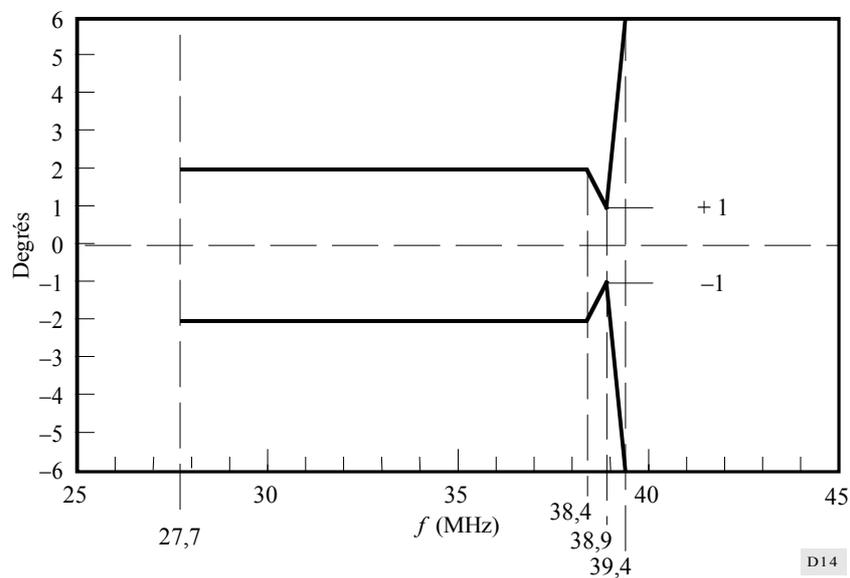


FIGURE 15

Filtre FI du modulateur: gabarit de la réponse en phase



7.3.2.2 Filtrage dans le récepteur

Caractéristique d'amplitude

La caractéristique en amplitude du passe-bande sera essentiellement uniforme jusqu'à 11,14 MHz, soit $(1 + n/100)10,125$ MHz, par rapport à la fréquence de la porteuse image ($n = 10\%$, raideur du filtre de Nyquist au point 10,125 MHz).

La Fig. 16 présente le gabarit de la caractéristique en amplitude pour le filtre FI du récepteur HD-MAC.

Caractéristique de phase

Le filtre sera linéaire en phase.

La Fig. 17 présente le gabarit recommandé pour la caractéristique de phase.

FIGURE 16
Filtre FI du récepteur: gabarit de la réponse en amplitude

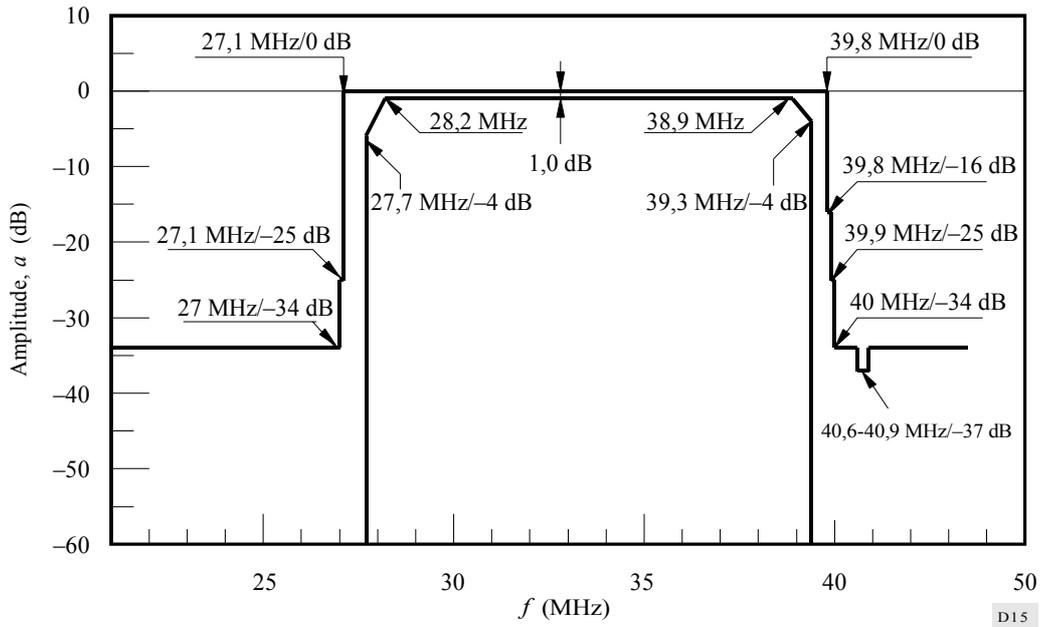


FIGURE 17
Filtre FI du récepteur: gabarit de la réponse en phase

