

RECOMMANDATION UIT-R BT.1117-2

**CARACTÉRISTIQUES DU FORMAT STUDIO POUR LES SYSTÈMES DE
TÉLÉVISION AMÉLIORÉE À 625 LIGNES DE FORMAT 16:9
(D-MAC ET D2-MAC, PALplus, SECAM AMÉLIORÉ)**

(Question UIT-R 42/11)

(1994-1995-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il existe déjà des services de diffusion offrant des programmes au format 16:9;
- b) qu'il existe des propositions visant à introduire de nouveaux systèmes de radiodiffusion télévisuelle à qualité du son ou de l'image améliorée, notamment avec un format élargi;
- c) que la plupart des organismes de radiodiffusion se sont engagés à assurer un service continu à leurs spectateurs dont les installations de réception ne peuvent recevoir que les émissions de Terre;
- d) que de nombreux organismes de radiodiffusion souhaitent améliorer la qualité de leurs services existants;
- e) que les améliorations des normes de Terre existantes doivent rester compatibles avec les attributions de canal actuelles;
- f) que les améliorations des normes de Terre existantes doivent assurer une très bonne compatibilité de l'image;
- g) que les améliorations essentielles connues qui permettent de fournir des images et des sons meilleurs au moyen d'émissions de télévision améliorée comprennent:

- pour l'image*
 - un format élargi,
 - une réduction de la diaphotie/diachromie,
 - l'annulation des images fantômes,
 - une résolution améliorée,

- pour le son*
 - plusieurs canaux de son numérique;

- h) que jusqu'à maintenant, on n'a pas réussi à décoder de façon absolument satisfaisante les signaux codés PAL et SECAM;
- j) qu'il est souhaitable que les divers formats de production des différentes normes de transmission et d'émission, par exemple, les systèmes MAC/paquets et PALplus, aient un maximum d'éléments en commun;
- k) que les modifications du format studio/de production et les méthodes d'exploitation peuvent augmenter la compatibilité d'un signal de télévision améliorée, ce qui facilite l'introduction des systèmes améliorés;
- l) que la mise au point d'un format studio amélioré facilitera la conversion vers une qualité de télévision à haute définition (TVHD),

recommande

- 1** que les organismes qui ont l'intention de produire des programmes en vue de services de télévision améliorée adoptent les normes en composantes qui mettent en œuvre tout ou partie des techniques décrites dans l'Annexe 1. L'Annexe 3 indique brièvement quand et dans quelles conditions il convient d'utiliser chaque option,

invite

- 1** les administrations à présenter des contributions sur ce sujet afin de parachever la présente Recommandation.

Techniques applicables aux systèmes améliorés à 625 lignes et au format 16:9 et modules de programme produits pour ces systèmes

1 Utilisation de systèmes de production classiques à 625 lignes

1.1 Format du signal vidéo

1.1.1 Systèmes numériques

Il a été procédé à une étude pour déterminer si les systèmes de diffusion au format 16:9, 625 lignes, à savoir aussi bien les systèmes actuels que ceux en projet, rendaient ou rendront nécessaire une modification des normes numériques utilisées en production.

La Recommandation UIT-R BT.601 prend en compte les fréquences d'échantillonnage de 13,5 MHz et 18 MHz pour le format 16:9. La Partie A traite des systèmes à 13,5 MHz, la Partie B des systèmes à 18 MHz.

Compte tenu des spécifications du D-MAC/D2-MAC, des bons résultats escomptés pour le système PALplus et des bons résultats probables d'un système SECAM amélioré, certaines administrations estiment que la Partie A (13,5 MHz) de la Recommandation UIT-R BT.601 est satisfaisante pour les productions au format 16:9, 625 lignes réalisés pour ces systèmes d'émission.

1.1.2 Systèmes analogiques

L'utilisation de systèmes analogiques en composantes s'est révélée parfaitement satisfaisante pour autant que les signaux soient acheminés par des équipements ayant une largeur de bande supérieure ou égale à celle du système de diffusion à alimenter (voir la Note 1).

NOTE 1 – Dans un premier temps, certains diffuseurs souhaiteront peut-être utiliser des systèmes analogiques composites en attendant qu'ils puissent s'équiper d'installations numériques en composantes. Dans ce cas, toutes les mesures voulues seront prises pour utiliser de «véritables» méthodes améliorées de codage et de décodage composites.

1.1.3 Solutions reposant sur un format composite modifié analogique-numérique

1.1.3.1 Le système Com³ (Composantes composites compatibles)

L'Annexe 2 définit un système, dénommé Com³, qui exploite le surcroît de largeur de bande offert par les formats d'enregistrement composite numérique D2 et D3 pour fournir une largeur de bande de luminance égale à 6,6 MHz dans une configuration PAL, ce qui équivaut à environ 5,0 MHz dans une configuration 4:3 classique. Ce système repose sur une nouvelle technique de codage de chrominance qui supprime la diaphotie/diachromie tout en maintenant la compatibilité avec les équipements de studio PAL existants, et fait appel à un filtrage de Nyquist pour préserver la qualité de l'image au cours des opérations successives de transcodage des signaux en composantes.

1.1.3.2 Le système MACP (Couleur-plus à adaptation de mouvement)

Une seconde possibilité est offerte par le système MACP (codage couleur amélioré du PALplus. Voir la Recommandation UIT-R BT.1197). Ce système se prête à une exploitation dans des configurations PAL composites (largeur de bande du signal codé limitée à environ 5-6 MHz). Ce système pourrait convenir notamment aux liaisons entre studios.

1.2 Adaptation du matériel de production classique

1.2.1 Caméras

On trouve aujourd'hui couramment sur le marché des caméras à dispositif à couplage de charge (CCD) pouvant passer du format 16:9 au format 4:3 et inversement. Les nouveaux capteurs 16:9 ont la même longueur de diagonale de l'image que les anciens capteurs 4:3. Les objectifs adaptés à ce dernier format peuvent être utilisés sans aucune modification de la plage des focales (ou de l'angle de champ). Le passage au format 4:3 a pour effet de réduire la longueur de la diagonale de l'image et par conséquent l'angle de champ.

On trouve aujourd'hui sur le marché des objectifs pour les caméras de type studio, qui compensent cette réduction de l'angle de champ. Ces objectifs sont munis d'une tourelle d'extension de focale équipée d'un dispositif permettant de réduire le champ de prise de vue proportionnellement au raccourcissement de la diagonale.

Pour le passage d'un format à l'autre, il faut modifier en conséquence les réglages du dispositif d'amélioration de la qualité de l'image pour maintenir la qualité optimale de l'image.

Dans les tubes de caméras, on peut modifier le balayage pour obtenir le nouveau format. Pour que l'objectif conserve la même qualité qu'avec le format 16:9, il faut que la longueur de la diagonale de l'image reste la même. Pour maintenir la qualité optimale de l'image avec le format 16:9, il peut être nécessaire d'optimiser les réglages d'un certain nombre de fonctions de la caméra. Certains de ces réglages peuvent prendre du temps. Si le même jeu de tubes est utilisé pour les deux formats, il est probable que des traces du balayage seront visibles sur l'image.

1.2.2 Télécinémas

Pour les télécinémas à spot mobile, les méthodes permettant de passer de l'exploitation en format 4:3 à l'exploitation en format 16:9 et vice versa sont simples: soit on change la fenêtre de balayage (16 mm – Super 16 mm) soit on modifie le format de balayage du télécinéma. On risque de brûler l'élément sensible si le même tube de balayage est utilisé pour les deux formats.

Les modèles modernes de télécinémas à CCD munis d'une barrette de capteurs permettent de passer facilement et de manière fiable du format 4:3 au format 16:9 et inversement. Des blocs optiques distincts ainsi que des dispositifs intégrés de réglage du champ de prise de vue et de travelling optique peuvent être utilisés pour passer des films de n'importe quel format courant.

1.2.3 Traitement

Certains équipements tels que les mélangeurs vidéo, les générateurs numériques d'effets vidéo, les générateurs de titres et les systèmes graphiques peuvent être utilisés avec le format 16:9 sans modification aucune du matériel. Seul le logiciel doit être actualisé pour s'adapter à la géométrie du nouveau format de l'image.

1.2.4 Magnétoscopes

Pour les magnétoscopes analogiques en composantes, la largeur de bande est d'environ 5,5 MHz. Compte tenu de la modification du format, cela revient à une résolution de quelque 4 MHz dans un système classique au format 4:3. Cette résolution est jugée suffisante pour les systèmes de diffusion améliorés considérés ici. Les magnétoscopes analogiques en composantes actuels peuvent donc être utilisés pour cette application.

Pour les magnétoscopes analogiques en composantes à 720 échantillons par ligne active, la résolution est la même que celle envisagée pour les systèmes de diffusion considérés ici. Les magnétoscopes numériques en composantes sont donc parfaitement adaptés à cette application en Europe.

L'Union de radiodiffusion (Asie-Pacifique) (ABU) est d'avis qu'il convient d'examiner la possibilité d'adopter 960 échantillons par ligne active.

Pour les enregistreurs numériques composites au format D2 ou D3, on dispose de largeurs de bande supérieures à 8,8 MHz en PAL par signal composite. La largeur de bande vidéo que permet d'obtenir l'utilisation de ces formats dépend de la nature du signal composite modifié décrit au § 1.1.3.

1.2.5 Contrôle des émissions

Les écrans de contrôle à tube cathodique (TRC) de format 4:3 peuvent probablement être adaptés pour l'obtention d'une image de format 16:9 «boîte aux lettres». Il faudra probablement procéder à un nouveau réglage de l'écran si cette nouvelle adaptation du balayage est mise en œuvre.

On trouve aujourd'hui sur le marché des écrans de contrôle pouvant passer d'un format à l'autre. Encore faut-il que ces appareils ne nécessitent pas pour cela un nouveau réglage.

Un oscilloscope de contrôle du profil du signal peut être utilisé pour les deux formats, sans modifications.

2 Conversion à partir de sources de TVHD vers une qualité inférieure

Avec le matériel de TVHD, on dispose d'une source unique dont on peut se servir pour tous les services 16:9 envisagés actuellement, de la télévision améliorée à la TVHD.

Bien que pour les services à définition améliorée, on dispose d'une marge plus que suffisante, cette méthode présente l'avantage de n'exiger sans doute qu'une seule étape pour le renouvellement du matériel. Ainsi, les programmes enregistrés auront une qualité convenant au court terme (TVHD analogique) et au long terme (TVHD numérique) et à des fins de distribution de films 35 mm et d'archivage.

On convertira la source de studio TVHD avec perte de qualité pour l'adapter aux caractéristiques d'entrée des codeurs des systèmes de télévision améliorée. On a déjà mis en œuvre avec succès une telle méthode de production et de conversion.

L'intérêt qu'il y a à utiliser, pour les services améliorés, des sources de TVHD en studio plutôt que des sources de définition inférieure dépend du calendrier d'installation des équipements de production et de mise en œuvre des services de TVHD.

Le choix dépend aussi de la gamme de services susceptibles d'utiliser ces programmes, soit pour un service amélioré particulier, soit pour des services à définitions diverses.

3 Méthodes améliorées pour la production de films

L'enregistrement et le stockage sur films conviennent bien aux futures productions de programmes sur écran large.

Pour la production sur film de programmes 625/50 au format 16:9, la solution la plus économique serait d'utiliser la fenêtre d'exposition correspondant au cinéma 16 mm classique (format 1,37:1) et de la réduire par un masque pour une présentation 16:9 sur un écran large. Si on tient essentiellement à la transmission écran large pour la télévision, la prise de vue se fera de préférence avec une caméra Super 16 mm (format nominal 1,66:1) qui permet d'enregistrer l'image sur une plus grande surface du film. Il faudra porter la fenêtre d'exposition de la caméra 16 mm aux dimensions du Super 16 mm et recentrer l'axe de l'objectif. Les caméras 16 mm modernes sont équipées d'un dispositif simple et rapide pour passer du mode de fonctionnement normal au Super 16 mm et vice versa.

Pour être prêt à radiodiffuser ultérieurement des programmes filmés avec les systèmes de télévision de haute qualité (par exemple, TVHD), le meilleur choix serait la production sur film 35 mm. Afin d'adapter le format de l'image enregistrée à une présentation sur récepteurs de télévision 16:9 et 4:3, le principe du «cadrage multiformat» offre un compromis. Les organismes européens de radiodiffusion recourent actuellement à deux solutions pour ces productions de télévision à double usage:

- soit une fenêtre d'exposition «Académie», au format 1,37:1 (avec masquage des zones situées au-dessus et au-dessous de l'image 16:9);
- soit une fenêtre d'exposition au format 1,66:1 (avec masquage des zones situées à gauche et à droite de l'image 4:3).

En vue de l'émission 4:3 ou 16:9, on peut choisir la portion d'image désirée au moment du transfert film sur bande.

Voir également les Recommandations UIT-R BR.782, UIT-R BR.783 et UIT-R BR.716.

ANNEXE 2

Le système Com³ – système numérique de codage en composantes compatible PAL

1 Introduction

La présente Annexe décrit un système de codage vidéo permettant de transmettre des signaux vidéo en composantes avec une qualité proche de celle définie dans la Recommandation UIT-R BT. 601, Partie A (13,5 MHz), avec les infrastructures PAL ou NTSC numériques ou analogiques existantes.

Les principales caractéristiques de ce système, dénommé Com³, sont les suivantes:

- largeur de bande de luminance comparable à celle de la Recommandation UIT-R BT. 601;
- résolution isotrope de chrominance pour une reproduction au format 16:9;
- absence totale de diaphotie/diachromie;
- le signal codé est utilisable avec la majorité des équipements PAL/NTSC pour signaux composites;
- largeur de bande de luminance de 5 MHz et absence d'effets de diaphotie/diachromie lorsque la largeur de bande du signal codé a été ramenée aux valeurs normales PAL/NTSC;
- le signal codé en composantes intégral peut être décodé par un décodeur classique PAL/NTSC avec une baisse de qualité à peine perceptible;
- les signaux PAL/NTSC à codage normal peuvent être décodés par le décodeur de signaux en composantes intégrales, avec une légère amélioration de la qualité.

Au stade actuel de la mise au point et des essais en condition réelle du système, il est d'ores et déjà possible de proposer une spécification complète en vue d'une normalisation.

2 Configuration fondamentale du signal

Le signal codé (voir la Fig. 1) achemine le spectre de luminance et de chrominance reproduit à la Fig. 2. Dans la composition du signal, on traite tout d'abord un signal *RGB* pour obtenir les signaux de luminance et de chrominance limités en bande représentés à la Fig. 3. Un traitement de ces signaux de luminance et de chrominance permet ensuite de composer le signal codé de la Fig. 4; la configuration comprend un *assembleur PAL Weston* qui gère la partie PAL du signal et des circuits additionnels traitant le signal de luminance haute fréquence. Un décodeur, dont les circuits sont illustrés à la Fig. 5, sépare le signal en composantes de luminance et de chrominance échantillonnées. Ces signaux subissent ensuite un filtrage, pour être reconvertis en signaux *RGB* comme le montre la Fig. 6.

FIGURE 1
Spectre du signal Com³

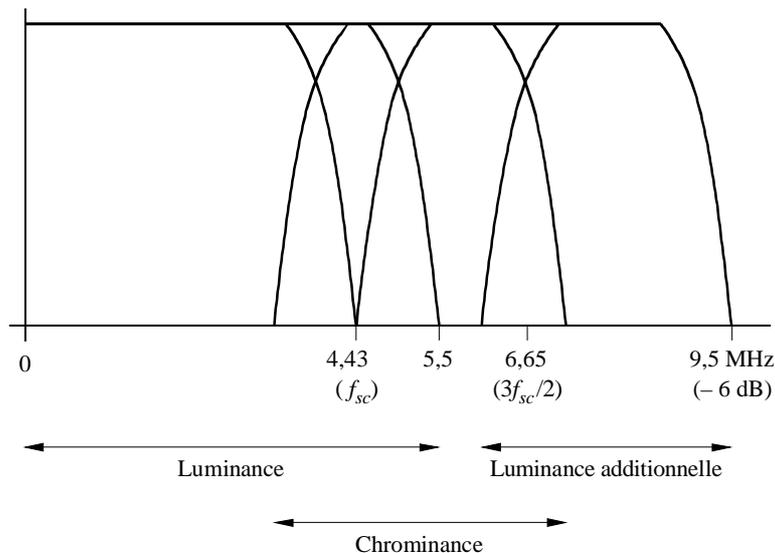


FIGURE 2

Spectre bidimensionnel des signaux de luminance et de chrominance pouvant être acheminés par le signal codé, dans le cas d'un format 16:9

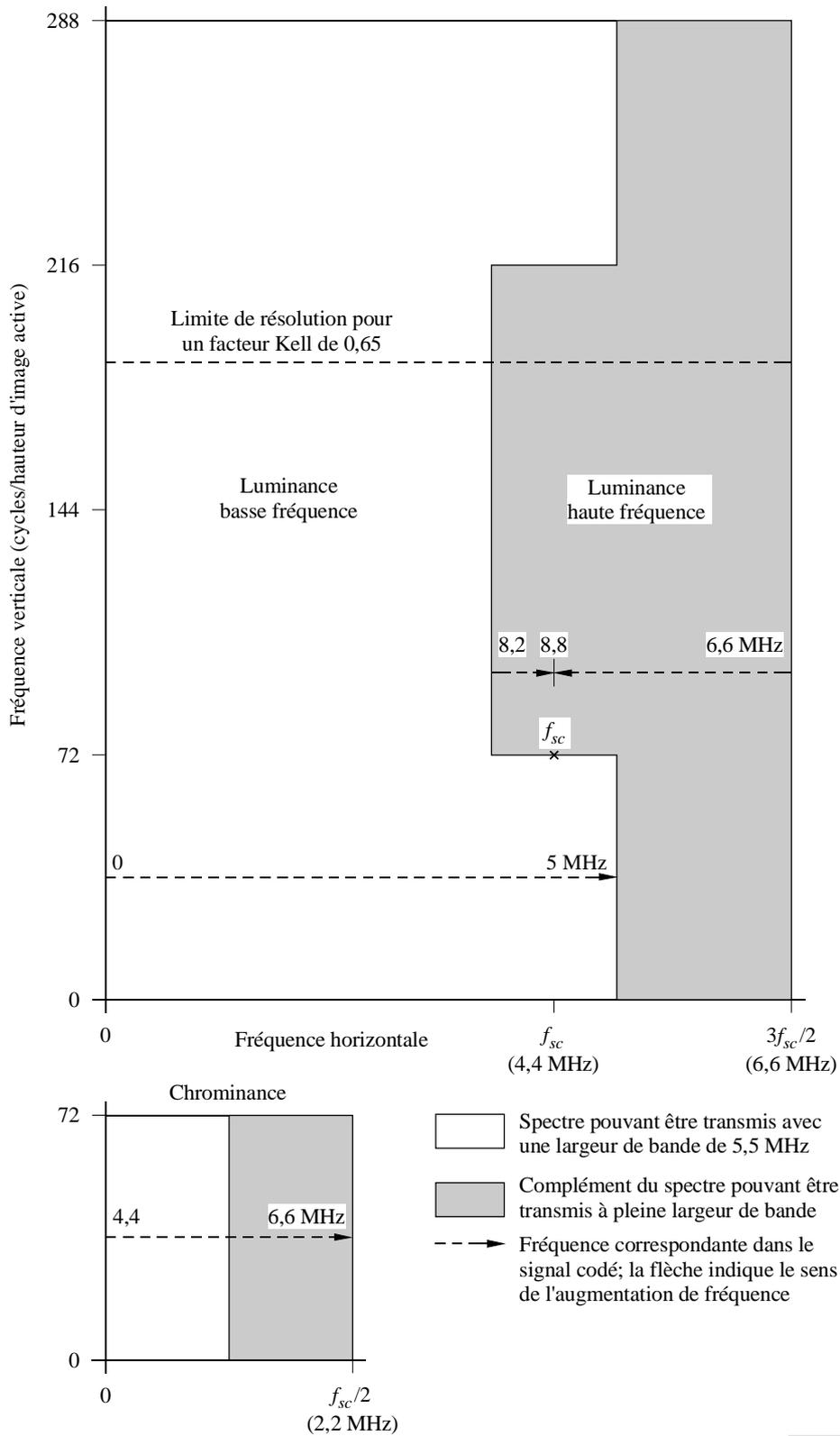
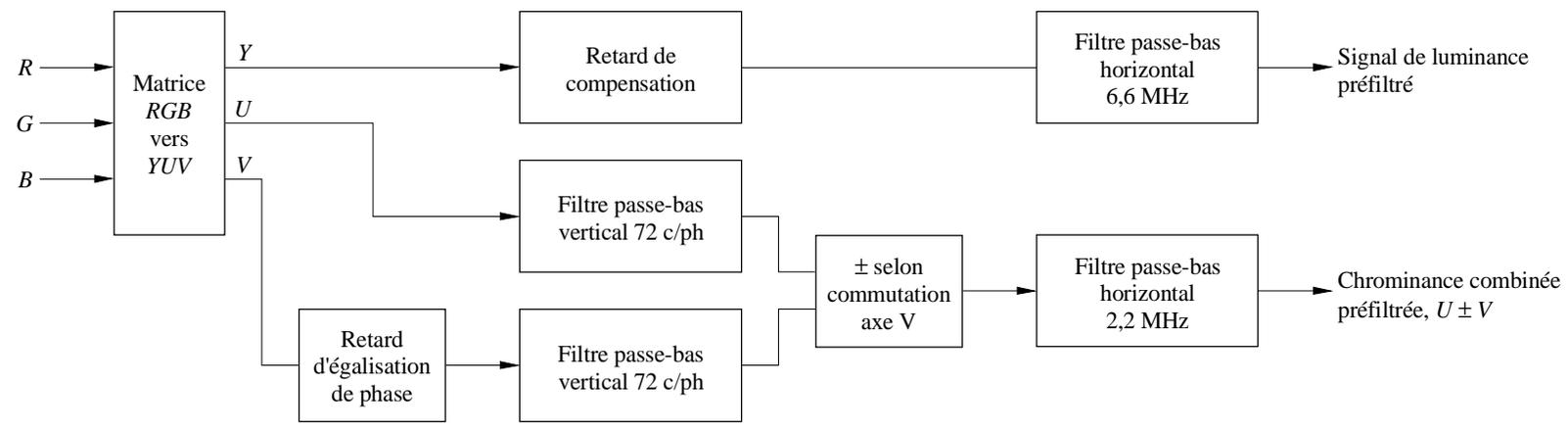


FIGURE 3

Préfiltres et échantillonneur de chrominance vertical du codeur



c/ph: cycles/hauteur d'image active

1117-03

FIGURE 4

Schéma des circuits de composition d'un signal codé à partir du signal de luminance préfiltré et des signaux de chrominance combinés

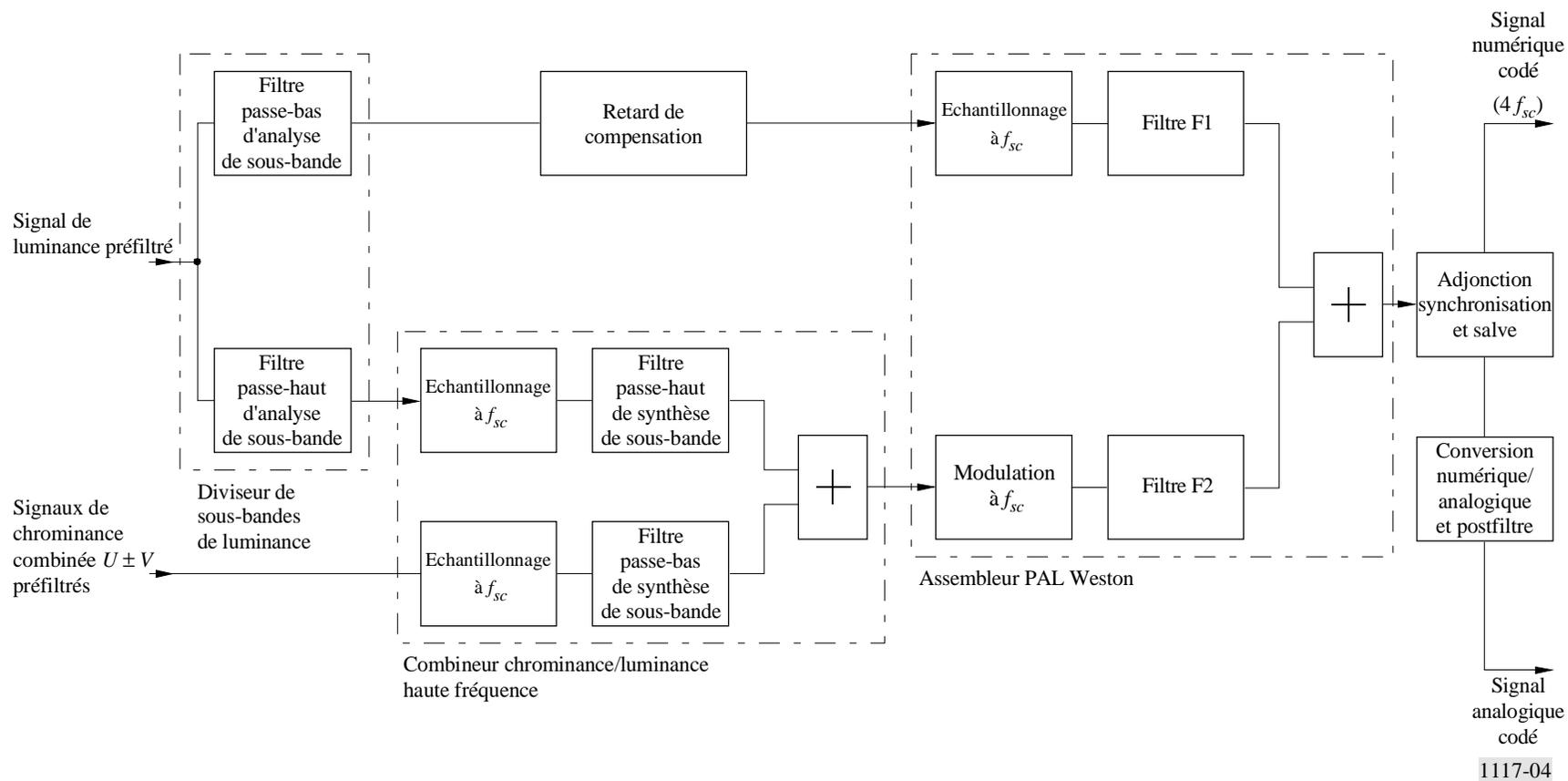
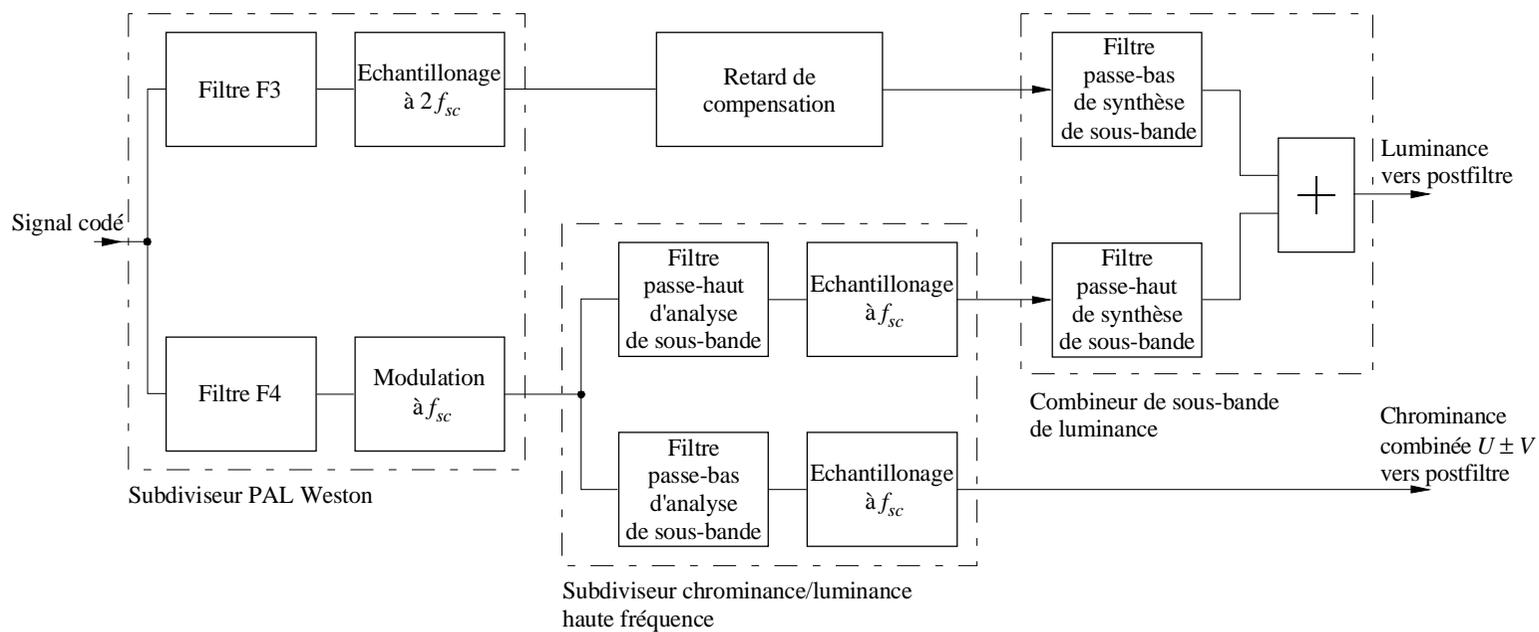
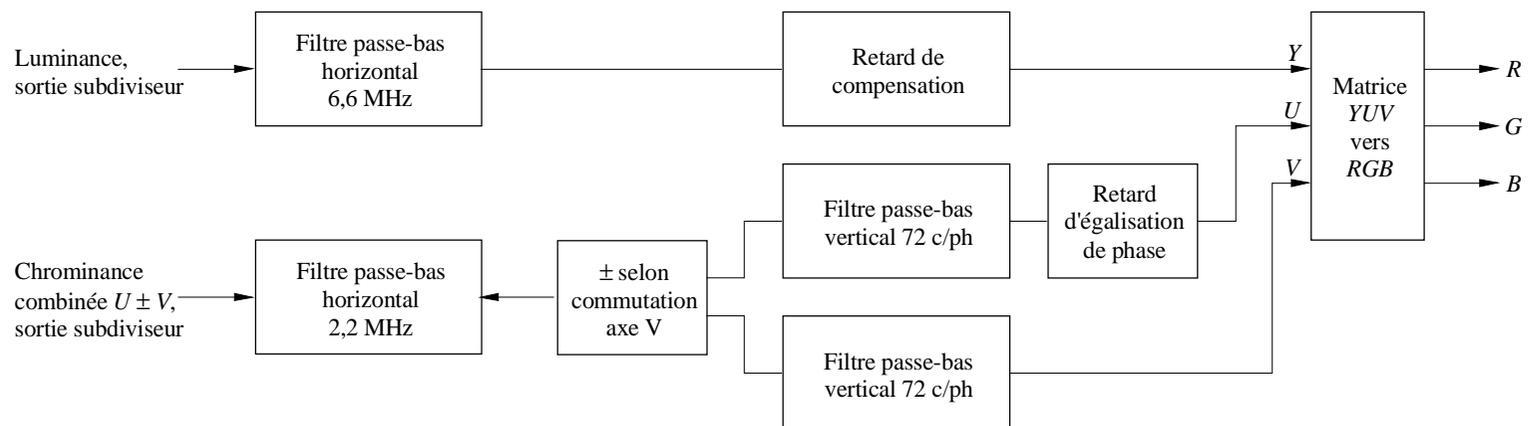


FIGURE 5
 Schéma des circuits de subdivision du signal codé en signal de luminance
 échantillonné et signaux de chrominance combinés



1117-05

FIGURE 6
Postfiltres du décodeur



1117-06

La forme fondamentale du signal est absolument identique à celle d'un signal PAL normal. De fait, dans les régions planes (où seuls sont présents des signaux de luminance et de chrominance de très basse fréquence et où l'on n'observe aucune variation de chrominance de ligne à ligne), le signal est identique à un signal PAL normal. La présente spécification ne traite donc pas de certains aspects tels que le niveau du signal, la séquence des impulsions de synchronisation ou la phase de la sous-porteuse.

La spécification du signal codé repose sur la définition des réponses des filtres et des matrices d'échantillonnage représentées aux Fig. 3 et 4. Les réponses des filtres de la Fig. 4 sont plus critiques que celles de la Fig. 3 puisqu'elles déterminent le détail du spectre de la Fig. 1 et donc le degré de séparation, dans le décodeur, des diverses composantes du signal codé. Un grand nombre de combinaisons de filtres permettraient une séparation (quasi parfaite) des composantes dans un décodeur utilisant un ensemble de filtres correspondants; toutefois, il est nécessaire de spécifier un ensemble de filtres uniques si l'on veut définir avec précision un format de signal pouvant être codé et décodé avec les équipements commercialisés par un grand nombre de fabricants.

3 Pré et postfiltrage des signaux de luminance et de chrominance

La Fig. 7 représente un gabarit convenant au préfiltre passe-bas de luminance à 6,6 MHz. Le postfiltre passe-bas du décodeur (voir la Fig. 6) pourra avoir la même réponse. On constate que la réponse du filtre est d'environ -3 dB à 6,6 MHz ($3f_{sc}/2$), fréquence théorique d'échantillonnage du signal de luminance. Ainsi, les deux filtrages équivalent à un filtre de Nyquist (symétrie de pente pour un gain d'environ 0,5 à $3f_{sc}/2$), ce qui permet d'éviter toute perte de qualité dans les applications dans lesquelles un signal PAL amélioré de studio doit être décodé en composantes pour être ultérieurement recodé dans la même phase d'échantillonnage.

La Fig. 8 illustre un gabarit convenant au préfiltre passe-bas de chrominance à 2,2 MHz. Le postfiltre passe-bas du décodeur (Fig. 6) pourra avoir la même réponse, bien qu'il puisse être préférable de prévoir un filtre image présentant une pente plus douce pour réduire la visibilité de la résonance horizontale. Le gabarit montre que la réponse du filtre est d'environ -3 dB à $f_{sc}/2$, si bien que les deux filtres équivalent à un filtre de Nyquist, comme nous venons de le voir dans le cas du signal de luminance.

Les préfiltres et postfiltres verticaux de chrominance doivent présenter un gain unitaire pour 0 c/ph, un seuil théorique de coupure de 72 c/ph, et avoir une valeur nulle à 144 c/ph (la désignation abrégée c/ph exprime un nombre de cycles par hauteur d'image active; par exemple, 144 c/ph est la fréquence verticale la plus élevée pouvant être représentée dans une seule trame). Nous ne proposerons pas de gabarit pour ces filtres puisque la réponse exacte pouvant être obtenue dans la pratique sera déterminée par l'application elle-même. Le filtre devra présenter un temps de propagation de groupe correspondant à un nombre impair de demi-lignes, caractéristique indispensable pour que la chrominance et la luminance puissent être synchronisées verticalement en sortie de codeur.

Un signal de «chrominance combinée» est constitué à partir des signaux de chrominance filtrés verticalement, de forme $U + V$ et $U - V$ en alternance de ligne et déterminé par la polarité de la commutation d'axe V .

4 Filtres de subdivision des sous-bandes de luminance

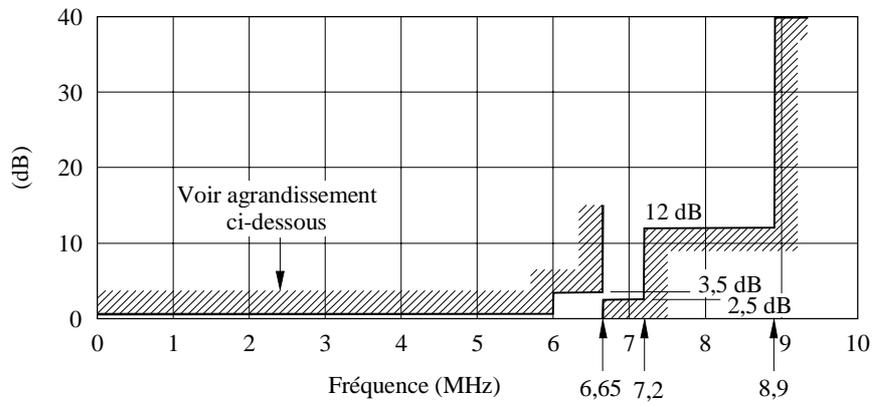
Les filtres utilisés pour subdiviser le signal de luminance en une composante basse fréquence et une composante haute fréquence au niveau du codeur et pour recombinaison ces composantes au niveau du décodeur, sont des filtres d'analyse et de synthèse bidimensionnels présentant chacun une ouverture verticale de deux lignes.

Ces filtres peuvent être ramenés à quatre filtres unidimensionnels: $L1_y$, $L2_y$, $H1_y$ et $H2_y$.

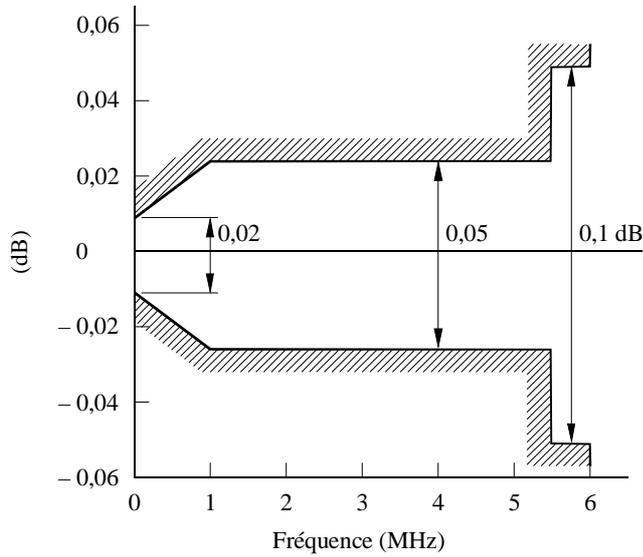
Les Fig. 9 et 10 représentent les gabarits des filtres $L1_y$ et $L2_y$. Les gabarits de temps de propagation de groupe sont proposés par souci d'exhaustivité; ces filtres seront normalement des filtres FIR numériques symétriques et présenteront donc un temps de propagation de groupe exactement égal à zéro. Pour minimiser la dégradation du signal de luminance au niveau du codeur, $L1_y$ doit être tel que $L1_y^2$ est antisymétrique pour une réponse de $1/2$ à $0,875f_{sc}$. De même, $L2_y$ sera tel que $L2_y^2$ sera antisymétrique pour une réponse de $1/2$ à $1,125f_{sc}$.

FIGURE 7

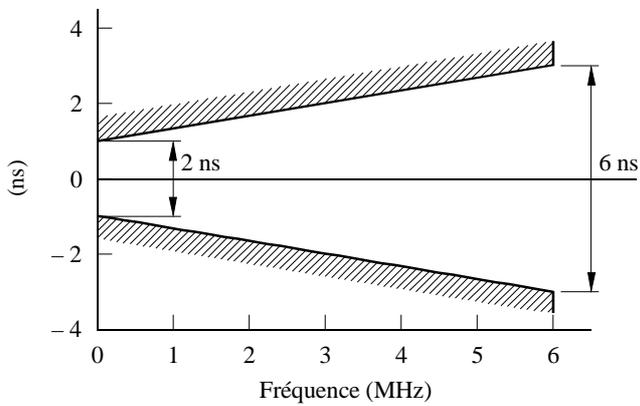
Réponse en fréquence du préfiltre et du postfiltre de luminance



a) Réponse en fréquence



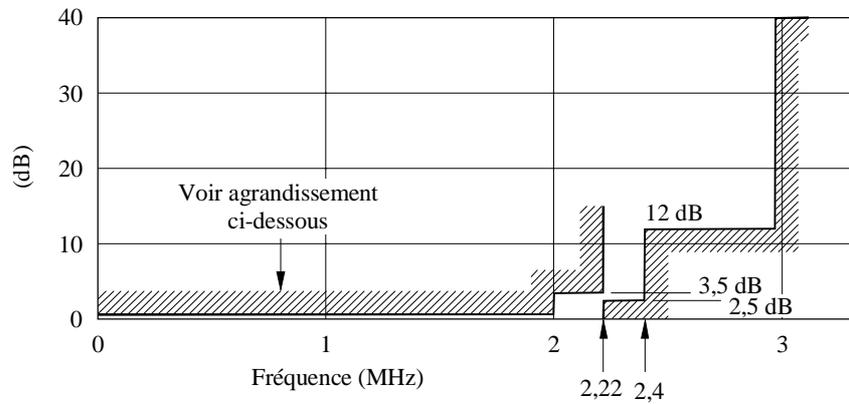
b) Ondulation du filtre passe-bande



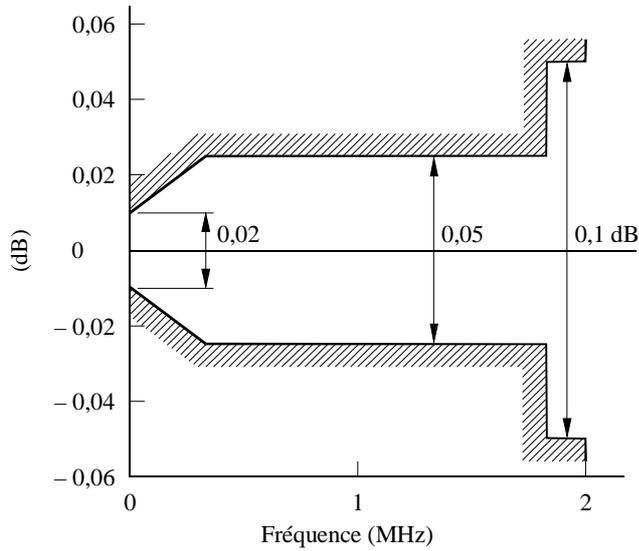
c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

FIGURE 8

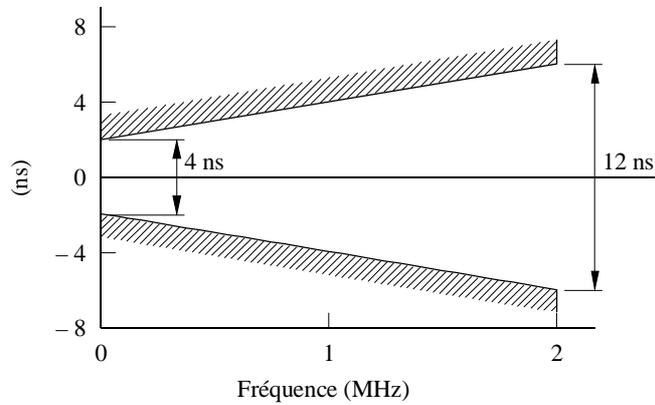
Réponse en fréquence du préfiltre et du postfiltre horizontaux de chrominance



a) Réponse en fréquence



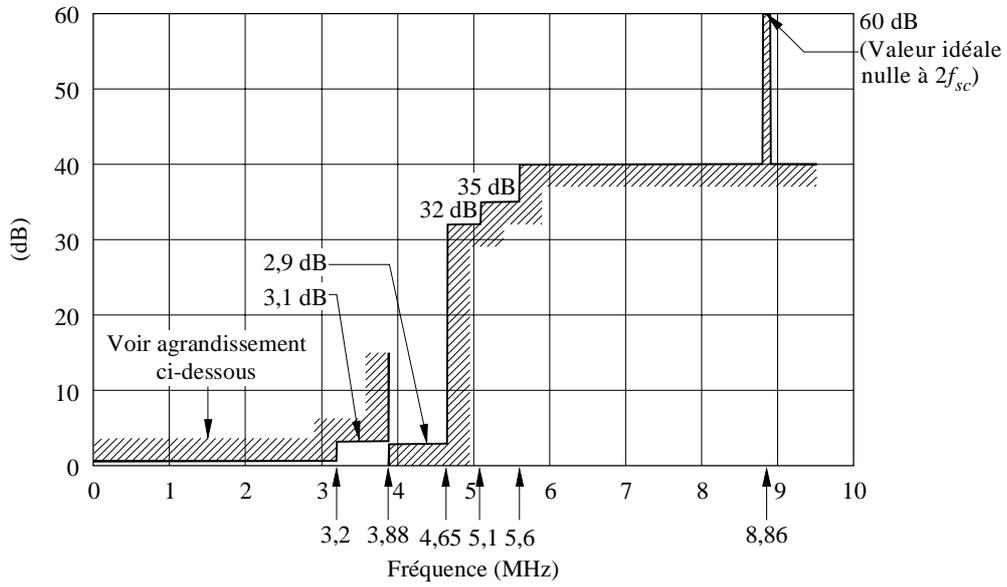
b) Ondulation du filtre passe-bande



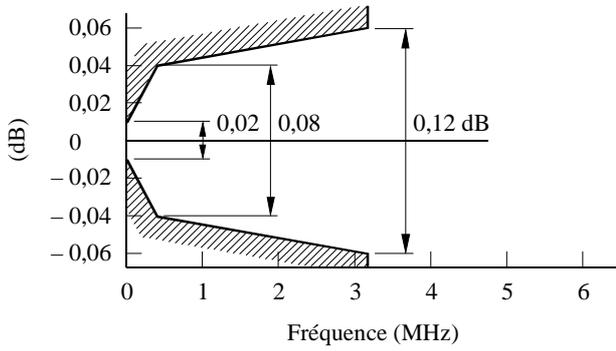
c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

FIGURE 9

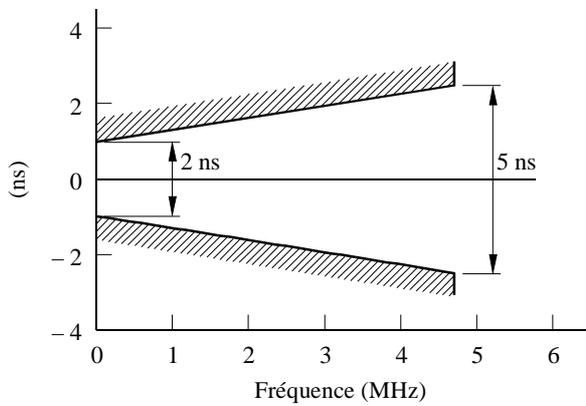
Réponse en fréquence du filtre $L1_y$ du circuit du diviseur de sous-bande de luminance



a) Réponse en fréquence



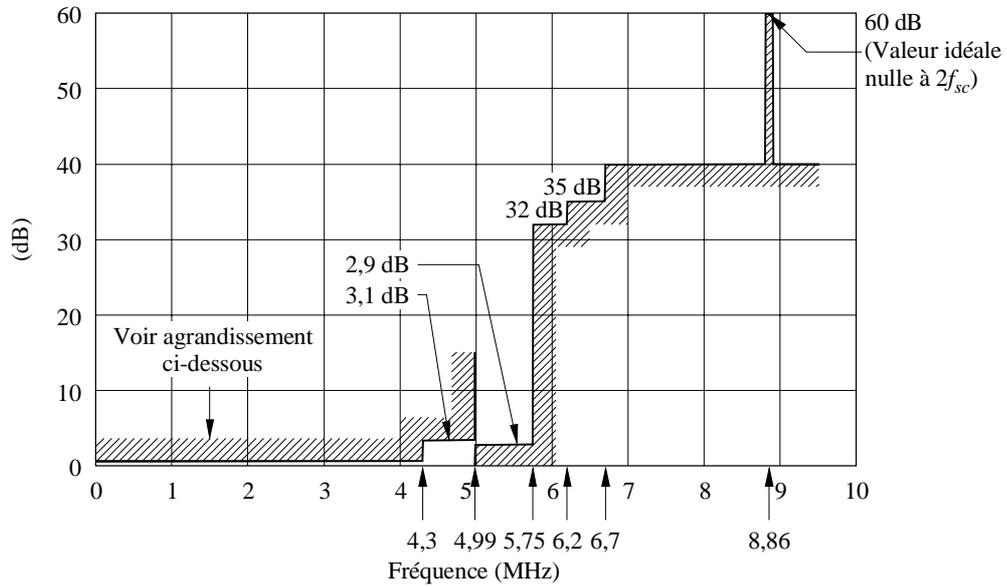
b) Ondulation du filtre passe-bande



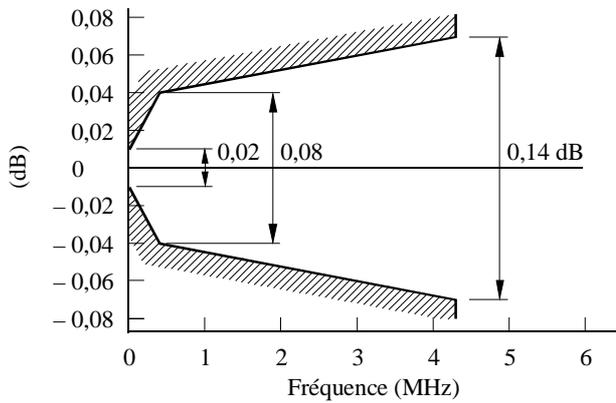
c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

FIGURE 10

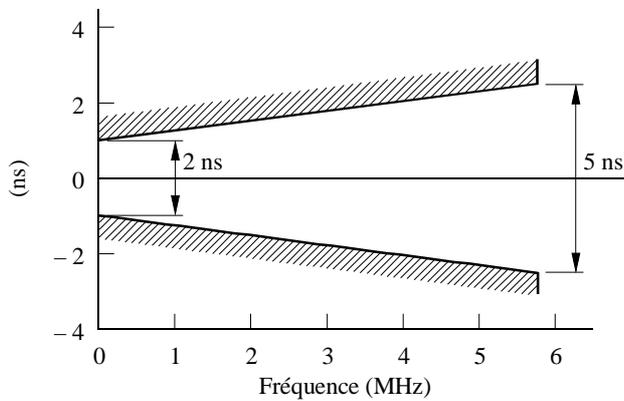
Réponse en fréquence du filtre L₂ du circuit diviseur de sous-bande de luminance



a) Réponse en fréquence



b) Ondulation du filtre passe-bande



c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

Les réponses des filtres $H1_y$ et $H2_y$ sont les images, par rapport à f_{sc} , des réponses de $L2_y$ et $L1_y$. Par exemple, si les coefficients médians d'un filtre numérique fonctionnant à $4f_{sc}$ représentant $L1_y$ sont:

$$.. .. c3 c2 c1 c0 c1 c2 c3 ,$$

les coefficients correspondants de $H2_y$ sont:

$$.. .. -c3 c2 -c1 c0 -c1 c2 -c3$$

Les filtres d'analyse du subdiviseur de sous-bandes de luminance du codeur (Fig. 4) et les filtres de synthèse du combineur de sous-bandes de luminance du décodeur (Fig. 5) sont définis à partir des quatre filtres $L1_y$, $L2_y$, $H1_y$ et $H2_y$ selon le Tableau 1.

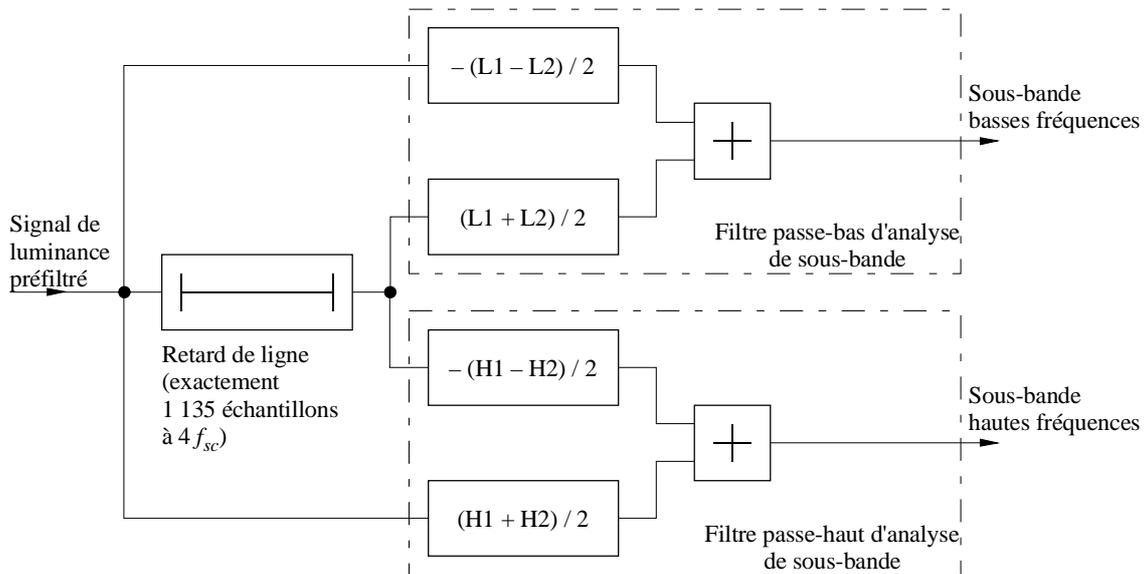
TABEAU 1

	Ligne sans retard	Ligne avec retard
<i>Analyse</i>		
Passe-bas	$-(L1 - L2) / 2$	$(L1 + L2) / 2$
Passe-haut	$(H1 + H2) / 2$	$-(H1 - H2) / 2$
<i>Synthèse</i>		
Passe-bas	$(L1 + L2) / 2$	$-(L1 - L2) / 2$
Passe-haut	$-(H1 - H2) / 2$	$(H1 + H2) / 2$

La Fig. 11 illustre de façon schématique les filtres du subdiviseur de sous-bandes de luminance du codeur, définis selon le Tableau 1. A considérer la position des parties basses fréquences, on constate que le filtre passe-bas d'analyse introduit un retard d'une ligne aux basses fréquences alors que son homologue de synthèse laisse passer les basses fréquences sans ajouter de retard.

FIGURE 11

Diagramme du circuit diviseur de sous-bande de luminance du codeur



5 Filtres de sous-bande de combinaison du signal de chrominance et de la partie haute fréquence du signal de luminance

Ces filtres sont des filtres de synthèse unidimensionnels qui déterminent le spectre du signal codé au voisinage de 6,6 MHz. Le filtre passe-bas de synthèse présente une réponse en amplitude dont la partie la plus plate correspond à $f=0$ et f_{sc} , avec une atténuation de -3 dB à $f_{sc}/2$. La réponse n'est pas tout à fait exempte de déphasage, ce qui permet d'obtenir une reconstitution parfaite du signal avec la combinaison des filtres d'analyse et des filtres de synthèse et d'obtenir un bon comportement de la réponse en amplitude avec une ouverture horizontale relativement étroite. La très bonne planéité de la réponse garantit l'absence quasi totale d'informations de luminance haute fréquence dans la région interprétée comme chrominance par un décodeur PAL normal, puisque le filtre passe-haut de synthèse présente un important affaiblissement au voisinage de la composante continue. On évite ainsi, lorsqu'on utilise un décodeur PAL normal, tout phénomène de diachromie provoqué par les informations de luminance haute fréquence.

La Fig. 12 donne le gabarit de la réponse du filtre passe-bas de synthèse qui agit comme un filtre passe-bas au niveau du codeur après doublement de la fréquence d'échantillonnage du signal de chrominance qui passe de f_{sc} à $2f_{sc}$.

Le filtre de synthèse passe-haut est défini à partir du filtre de synthèse passe-bas par inversion des coefficients alternés et insertion d'un retard d'un cycle d'horloge à $2f_{sc}$, puis inversion de l'ordre des coefficients résultants. Cette relation est bien connue dans le domaine des calculs d'analyse et de synthèse en sous-bande.

Les filtres d'analyse qui servent à séparer la chrominance de la luminance haute fréquence au niveau du décodeur sont définis par inversion de l'ordre des coefficients des filtres de synthèse correspondants.

L'échantillonnage à la fréquence f_{sc} à l'entrée des deux filtres de synthèse est obtenu par multiplication du signal par une fonction delta de période $1/f_{sc}$, en coïncidence de phase avec la sous-porteuse couleur. Lorsque le codeur fait appel à des circuits synchronisés à $4f_{sc}$, l'opération consiste simplement à imposer la valeur zéro à trois échantillons sur quatre.

6 Assembleur PAL Weston et filtres diviseurs

Ces filtres sont définis selon une méthode analogue à la méthode adoptée pour les filtres d'analyse et de synthèse de sous-bande de luminance, en une configuration de quatre filtres unidimensionnels: $L1_w$, $L2_w$, $H1_w$ et $H2_w$.

Les Fig. 13 et 14 représentent les gabarits des filtres $L1_w$ et $L2_w$. Les gabarits de temps de propagation de groupe ont été donnés en grande partie par souci d'exhaustivité; en général, ces filtres seront des filtres FIR numériques symétriques et présenteront donc un temps de propagation de groupe parfaitement nul. Pour que la dégradation du signal de luminance due au codec soit minimale, il faut que $L1_w$ soit tel que $L1_w^2$ soit antisymétrique pour une réponse de $1/2$ à $0,8f_{sc}$. De même, $L2_w$ doit être tel que $L2_w^2$ soit antisymétrique par rapport à une réponse de $1/2$ à $1,2f_{sc}$. Il convient ici de prendre note du fait que les critères de réponse des filtres sont très stricts à f_{sc} (pour une bonne compatibilité avec un système PAL normal).

Les filtres $H1_w$ et $H2_w$ sont définis à partir de $L1_w$ et $L2_w$ exactement comme dans le cas des filtres de sous-bande de luminance.

Les filtres F1-F4 sont définis à partir de ces quatre filtres selon le Tableau 2.

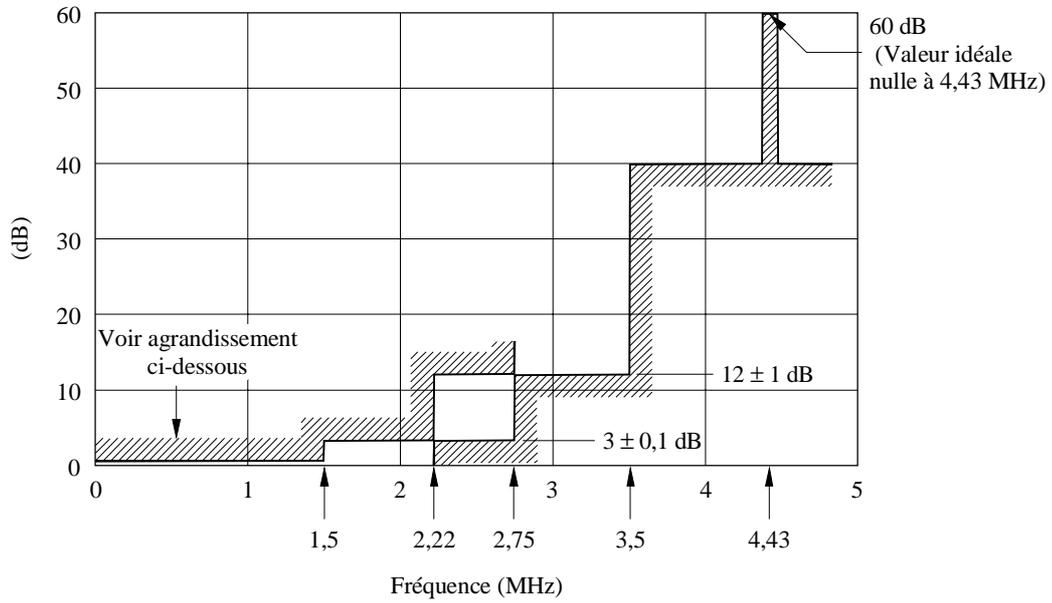
TABLEAU 2

	Ligne sans retard	Ligne avec retard
<i>Assembleur</i>		
F1 (passe-bas)	$(L1 + L2) / 2$	$-(L1 - L2) / 2$
F2 (passe-haut)	$-(H1 - H2) / 2$	$(H1 + H2) / 2$
<i>Diviseur</i>		
F3 (passe-bas)	$-(L1 - L2) / 2$	$(L1 + L2) / 2$
F4 (passe-haut)	$(H1 + H2) / 2$	$-(H1 - H2) / 2$

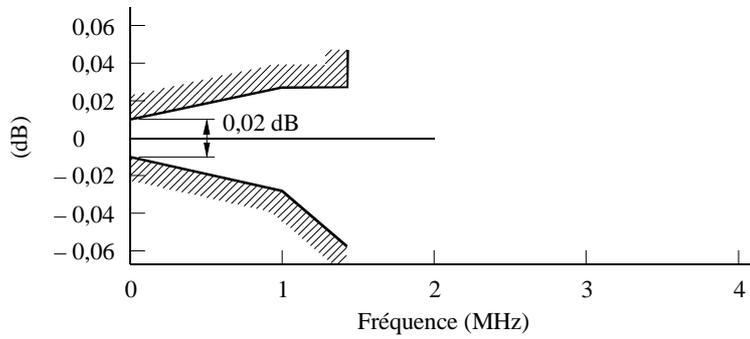
A considérer la position des contributions basse fréquence ($L1 + L2$), on constate que F3 introduit un retard d'une période de ligne dans les fréquences de basse luminance, tandis que F1 laisse passer les basses fréquences sans introduire de retard. Les filtres F1 et F2 peuvent être définis comme indiqué à la Fig. 11.

FIGURE 12

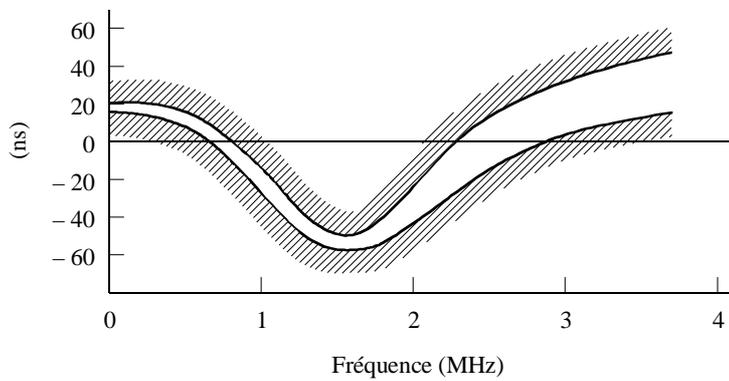
Réponse du filtre passe-bas de synthèse de sous-bande utilisé dans le circuit de combinaison du signal de chrominance et de la partie hautes fréquences du signal de luminance



a) Réponse en fréquence



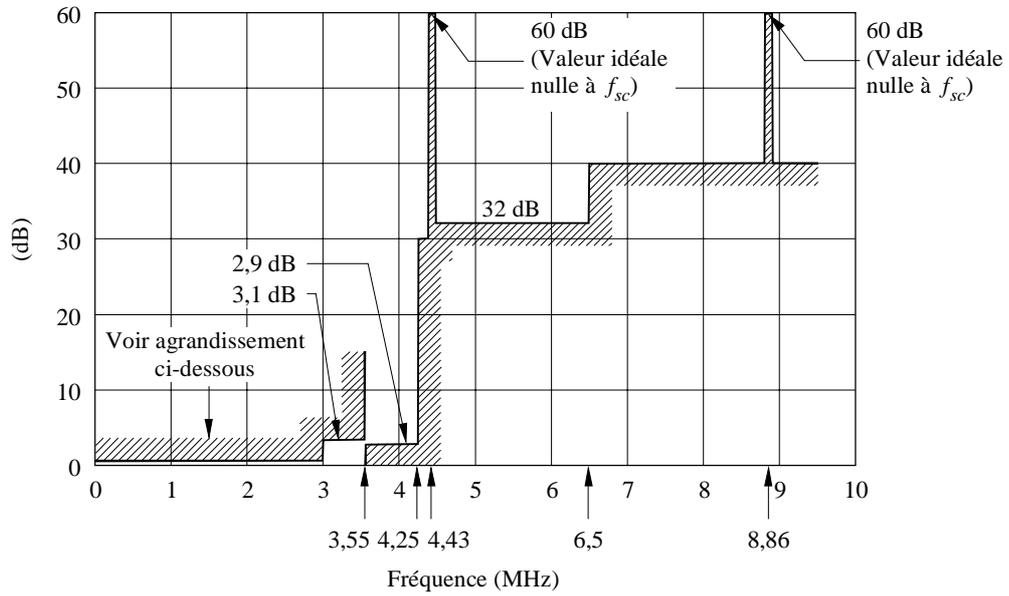
b) Ondulation du filtre passe-bande



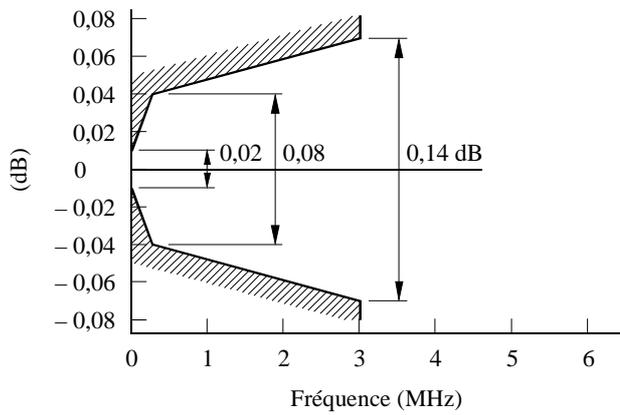
c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

FIGURE 13

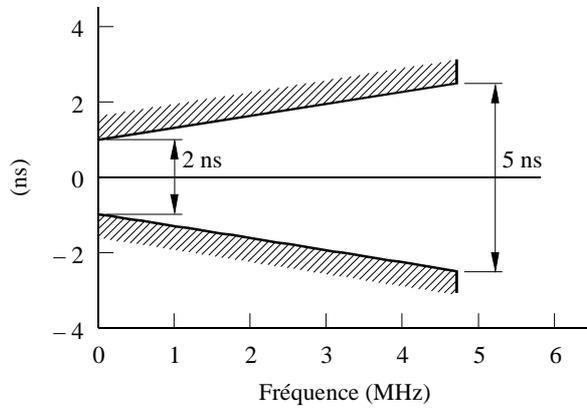
Réponse en fréquence du filtre $L1_w$ utilisé dans le circuit de l'assembleur PAL Weston



a) Réponse en fréquence



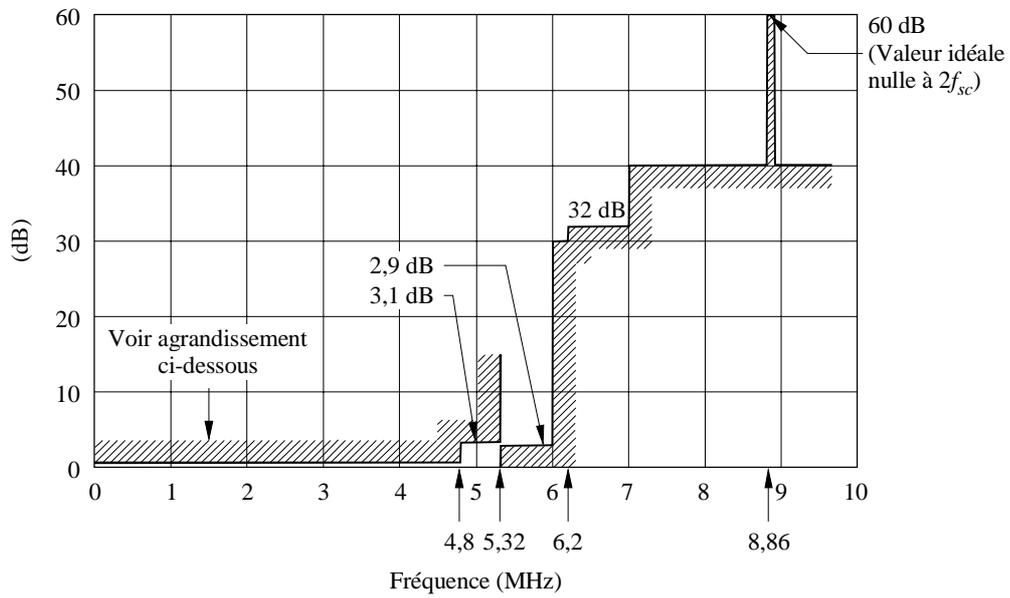
b) Ondulation du filtre passe-bande



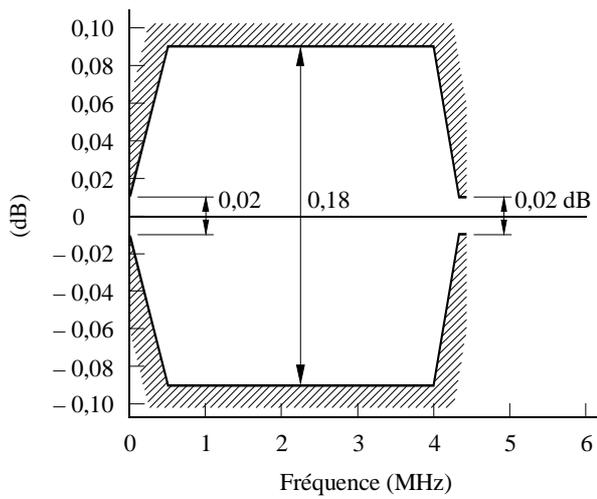
c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

FIGURE 14

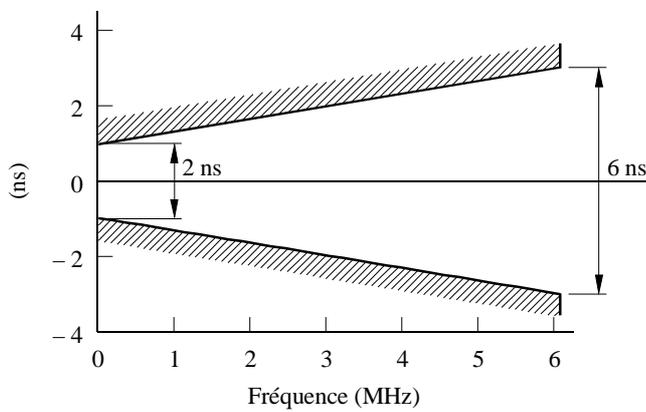
Réponse en fréquence du filtre $L2_w$ utilisé dans le circuit de l'assembleur PAL Weston



a) Réponse en fréquence



b) Ondulation du filtre passe-bande



c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

7 Compensation du temps de propagation

Il est naturellement nécessaire de faire en sorte que les temps de propagation dans les circuits de luminance et de chrominance du codeur soient égaux, afin que l'image codée apparaisse correctement calée aussi bien dans le décodeur des Fig. 5 et 6 que dans un décodeur PAL normal.

Le filtre passe-bas d'analyse de luminance introduit un retard d'une période ligne, tandis que le filtre F1 n'introduit aucun retard, comme nous l'avons déjà vu. Ainsi, le circuit de la Fig. 4 introduit un retard total d'une période ligne dans le signal de luminance. Le filtre F2 agit comme un filtre vertical de coefficient $-1/2$, $1/2$ à f_{sc} et introduit donc dans le signal de chrominance un retard d'une demi-ligne.

On obtient alors l'alignement vertical de la luminance et de la chrominance en prévoyant un retard vertical d'une demi-ligne dans le signal de chrominance par rapport à la luminance au niveau des préfiltres de la Fig. 3 et des postfiltres de la Fig. 6. Un retard de compensation sera nécessaire sur le trajet de luminance si le préfiltre vertical de chrominance présente un retard supérieur à une demi-ligne. Les retards de compensation correspondants apparaissent aux Fig. 3 et 6.

Pour un bon alignement horizontal, d'autres retards doivent être ajoutés:

- Il faut retarder le signal de luminance de 2 échantillons à $4f_{sc}$ et le signal de chrominance V de 4 échantillons (relativement, dans les deux cas, au signal U) au niveau des préfiltres de la Fig. 3. Ces retards correspondent à des précorrections approximatives du retard différentiel ajouté au signal U et au signal V par la caractéristique de phase du filtre F2 de l'assembleur PAL et de la caractéristique de temps de propagation de groupe du filtre passe-bas de synthèse de sous-bande utilisé pour le mélange de la chrominance et de la luminance haute fréquence.
- Pour assurer un positionnement correct du signal de luminance principal avec le signal de luminance haute fréquence et la chrominance, il faut ajouter un retard de compensation en série avec le signal passant par le filtre F1 de la Fig. 4 et le filtre F3 de la Fig. 5. Ce retard compense le retard de propagation dans les filtres de sous-bande utilisés dans l'opération de combinaison de la luminance et de la chrominance et dans le circuit sommateur et modulateur dans lequel passe le signal combiné. La valeur du retard dépend du schéma exact des filtres.

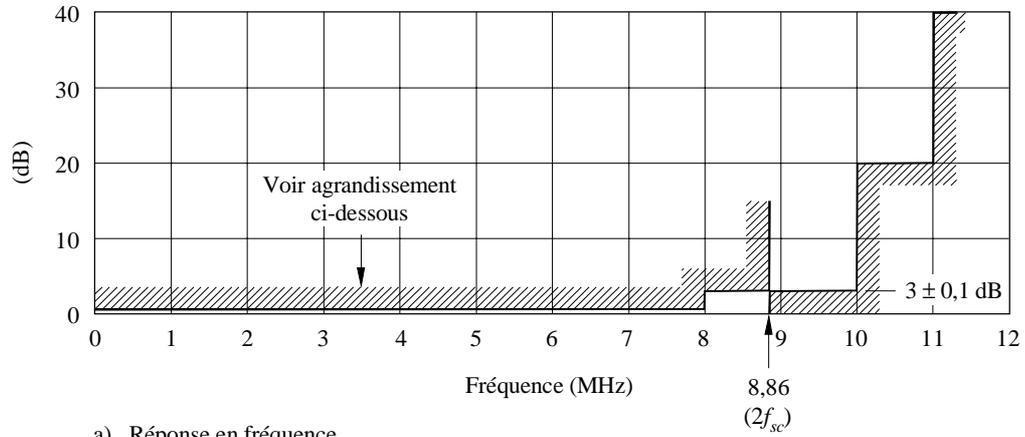
8 Postfiltre de conversion numérique-analogique

Les réponses en fréquence du postfiltre de conversion numérique/analogique en sortie du codeur et du préfiltre de conversion analogique/numérique à l'entrée du décodeur sont telles que leur produit donne une caractéristique voisine d'un filtre de Nyquist. La réponse idéale du postfiltre est représentée à la Fig. 15. Le postfiltre comprendra naturellement un égalisateur $\sin(x)/x$ dont la réponse n'est pas prise en compte dans la figure. Chaque filtre, à l'exclusion de l'égaliseur en $\sin(x)/x$, est un filtre de Nyquist en racine carrée et présente un affaiblissement de 3 dB à $2f_{sc}$. Le préfiltre de conversion analogique/numérique du décodeur peut avoir la même réponse.

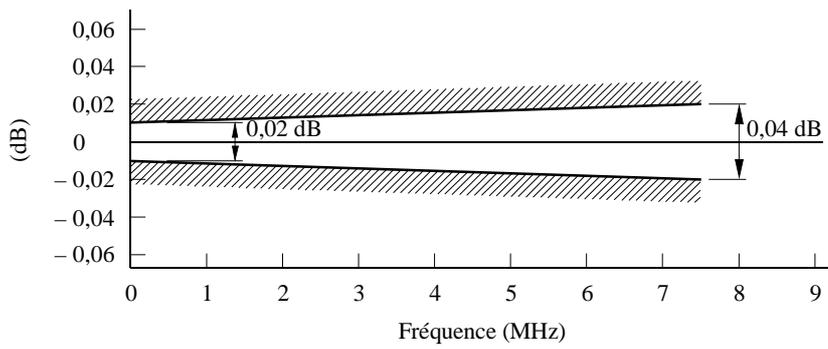
Le filtre est normalement de type analogique, mais on peut aussi prévoir une réalisation numérique par suréchantillonnage du signal et utilisation de circuits numériques/analogiques et analogiques/numériques à haute fréquence. On peut alors obtenir un signal résultant (préfiltration/postfiltration) beaucoup plus proche d'un filtre de Nyquist, sans rencontrer les problèmes associés au temps de propagation de groupe non uniforme qui caractérise les filtres analogiques.

FIGURE 15

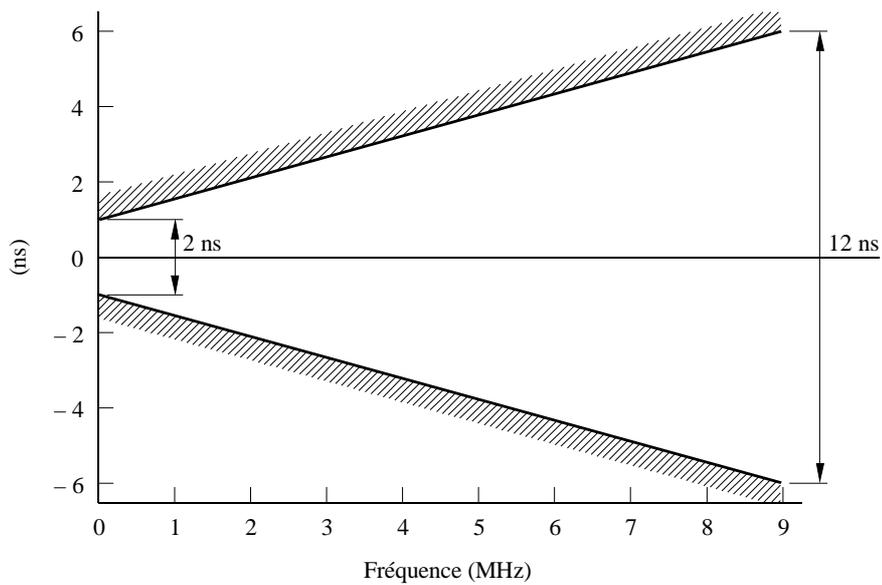
Réponse en fréquence du postfiltre placé après le convertisseur numérique/analogique (compte non tenu de l'égalisateur $\sin(x)/x$)



a) Réponse en fréquence



b) Ondulation du filtre passe-bande



c) Temps de propagation de groupe du filtre passe-bande

APPENDICE 1
DE L'ANNEXE 2**Evaluation du système Com³ par l'Union européenne
de radio-télévision (UER)****1 Introduction**

Les futurs systèmes de distribution, pour la radiodiffusion, de signaux télévisuels grand écran de qualité améliorée tels que les systèmes numériques, les systèmes MAC et les systèmes PALplus dépendront de signaux source de qualité «composantes». La qualité de signal normalement offerte par les systèmes composites, bien que satisfaisante pour les systèmes de distribution classique, ne sera pas suffisante pour les systèmes améliorés. C'est dire que l'introduction rapide de nouveaux systèmes impliquera un volume d'investissement inacceptable pour certains radiodiffuseurs disposant d'une importante infrastructure de production de programmes diffusés en signaux composites.

Le système Com³ (Composantes composites compatibles), mis au point par la British Broadcasting Corporation (BBC), doit permettre d'obtenir une qualité d'image «quasi-composantes» sur des supports de transmission large bande ou composites numériques et convenir ainsi à un certain nombre de radiodiffuseurs. Avec une telle solution, dans laquelle les investissements d'infrastructure seraient limités, il devrait être possible d'introduire rapidement les nouveaux systèmes.

2 Le système COM³

Les réalisateurs du système affirment qu'il présente les caractéristiques suivantes:

- résolution de luminance comparable aux caractéristiques spécifiées dans la Recommandation UIT-R BT.601;
- résolution de chrominance isotrope pour diffusion en 16:9;
- absence totale de diaphotie et de diachromie;
- le signal codé peut être utilisé avec la majorité des équipements PAL «composites»;
- largeur de bande de luminance horizontale de 5 MHz et absence de diaphotie même après limitation de la largeur de bande du signal codé aux valeurs PAL normales;
- le signal codé peut être décodé avec un décodeur PAL classique avec une perte de qualité à peine perceptible;
- des signaux à codage classique PAL/NTSC peuvent être décodés par un décodeur Com³, avec une légère amélioration de qualité.

Des caractéristiques analogues sont revendiquées dans le cas d'un système NTSC encore que, après limitation de la largeur de bande du canal, la largeur de bande de luminance horizontale soit réduite en conséquence.

3 Le montage expérimental

Le schéma du montage de l'expérience est donné dans la Fig. 16.

On disposait de plusieurs sources de signaux en composantes. Il était notamment possible de choisir diverses fréquences de luminance et de chrominance pour étudier les réponses en fréquence du système, et l'on disposait de courts programmes vidéo au format 16:9, codés en composantes, sur disque Abekas et sur bandes D1 et Betacam. Des programmes sources de TVHD ramenés au format D1 étaient également prévus, ce qui permettait d'étudier par ailleurs le rendu de scènes animées de haute qualité. Les membres du Groupe d'experts étaient invités à apporter les programmes test de leur choix.

Il était possible de comparer les trajets de codage suivants:

- codage Com³ – décodage Com³
- codage PAL classique – décodage PAL classique
- codage Com³ – décodage PAL classique

- codage PAL classique – décodage Com³
- codage Com³ – décodage PAL avec retard de trame
- décodage PAL classique – décodage avec retard de trame.

Pour étudier le comportement du système Com³ et du système PAL dans le cas de canaux limités en largeur de bande, on pourrait faire passer le signal soit par un filtre passe-bas à 5,5 MHz, soit par un enregistreur D3 avec filtre standard, soit par un enregistreur éloigné VPR6 format C. On disposait de deux magnétoscopes D3 pour l'enregistrement et la lecture des signaux Com³, l'un doté de filtres d'entrée et de sortie normalisés, l'autre équipé de filtres modifiés (approximativement semi-Nyquist à 8,8 MHz, soit le double de la fréquence de la sous-porteuse du système PAL).

On disposait également de moniteurs 625 lignes et TVHD. Le moniteur 625 lignes était un moniteur professionnel EV 1629, le moniteur TVHD un SONY HDM 3830E de 38 pouces alimenté par un convertisseur multiplicateur Snell & Wilcox HD5100. La disposition permettait d'observer le signal source, l'image compatible et l'image décodée et l'utilisation du moniteur TVHD SONY garantissait que le choix de l'écran de contrôle n'imposait aucune contrainte.

3.1 Séquences d'essai

L'évaluation a été faite avec les séquences d'essai suivantes, ainsi qu'un certain nombre de séquences naturelles plus longues.

3.1.1 Newpat

Mire extrêmement précise comprenant trois signaux d'essai différents:

- Un balayage de fréquence de luminance bidimensionnel dans lequel la fréquence horizontale augmente verticalement et la fréquence verticale augmente horizontalement. Cette partie de la mire permet d'analyser la réponse en fréquence de la luminance, et révèle nettement les alias ainsi que les signaux parasites, diachromiques par exemple.
- Plages de composantes de chrominance U et V , maintenant la luminance constante, révélant ici encore les alias et la diaphotie.
- Matrice de carrés de couleur donnant toutes les transitions entre les trois couleurs primaires et les trois couleurs complémentaires, le noir et le blanc; cette partie de la mire permet d'analyser la réponse des transitoires et le niveau de diaphotie U/V .

3.1.2 Noël

Séquence animée au format 16:9, réalisée en TVHD et ramenée par conversion à la norme de la Recommandation UIT-R BT.601. Il s'agit d'une longue scène de variétés comportant plusieurs zones de couleurs saturées fortement détaillées. Cette séquence a permis d'évaluer la résolution de chrominance subjective et de détecter les artefacts de codage chromatique (diachromie par exemple).

3.1.3 Séquence diachromique

Séquence animée comprenant un ensemble de tissus à motif susceptibles de provoquer des phénomènes de diachromie grossière et de diachromie fine, et plusieurs tissus de couleur unie révélant la présence de diaphotie. La séquence contient plusieurs panoramiques et balayages optiques.

3.1.4 Wimbledon

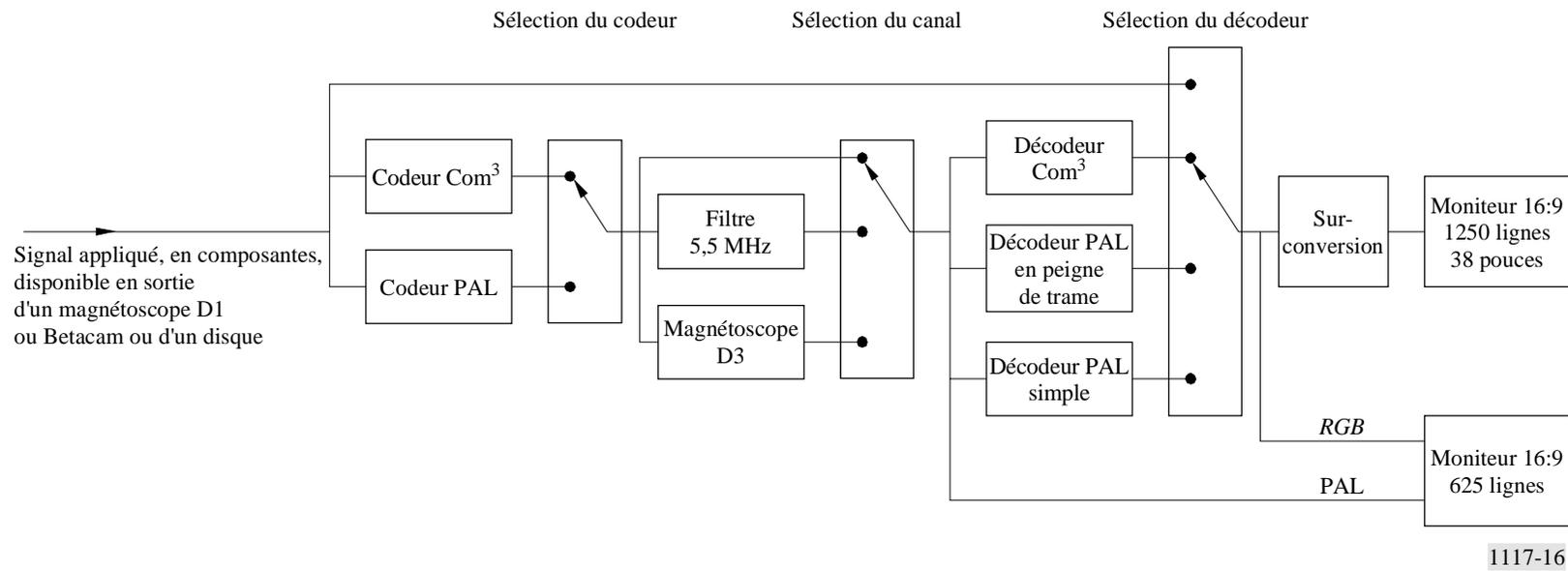
Séquence de panoramiques aller-retour composée de scènes de foule tournées à Wimbledon, en TVHD. Cette séquence contient de nombreux détails en hautes lumières ainsi que plusieurs zones colorées de surface, de teinte et de saturation variables et plusieurs transitions de chrominance (vêtements des spectateurs). Elle a été utilisée dans l'évaluation des alias de luminance, de la diaphotie sur surface réduite et grande surface et de la largeur de bande de chrominance.

3.1.5 Portail

Ensemble de panoramiques et de balayages optiques sur un portail métallique doré, de grandes dimensions, avec beaucoup de détails. Utilisé dans l'évaluation de la diaphotie et des alias de luminance.

FIGURE 16

Schéma du montage utilisé par l'UER dans son évaluation du système Com³



4 Evaluation par les spécialistes

4.1 Comportement du système Com³ avec un canal uniforme (plus de 9 MHz)

4.1.1 Résolution statique de luminance et de chrominance

Après avoir vu la séquence Newpat, le groupe est parvenu à la conclusion que la largeur de bande de luminance du signal Com³ décodé était comparable à celle de la source en composantes. On observe toutefois un alias haute fréquence mobile à peine perceptible dans les hautes fréquences horizontales. Il a été constaté que ce phénomène n'était pas visible dans le cas d'images naturelles.

4.1.2 Résolution de chrominance

La résolution statique de chrominance a été évaluée avec les zones *U* et *V* de la séquence Newpat. La résolution horizontale du signal Com³ décodé à 2,4 MHz était légèrement inférieure à celle de la Recommandation UIT-R BT.601. Il a été constaté que la résolution verticale et la résolution horizontale du signal Com³ étaient pour ainsi dire égales. La résolution verticale du signal Com³ est donc égale à environ la moitié de la valeur de la Recommandation UIT-R BT.601.

Cette perte de résolution de chrominance par rapport à la Recommandation UIT-R BT.601 a également été observée dans des scènes naturelles critiques (exemple: Wimbledon).

Un certain couplage a été observé dans les transitions horizontales et verticales des carrés de couleur de la séquence Newpat, mais ce phénomène n'est pas apparu dans les images naturelles.

On a également comparé le traitement Com³ et le traitement 4:2:0. Aucune distinction n'a pu être établie.

Aucune diaphotie ou diachromie n'a été perçue.

4.1.3 Résolution dynamique de luminance et de chrominance

On a évalué les résolutions dynamiques de luminance et de chrominance du système avec une version animée du signal test Newpat. Aucun artefact de mouvement ou changement de la qualité de fonctionnement du système n'a été observé.

4.1.4 Compatibilité avec un système PAL classique

Deux types de compatibilité doivent être évalués, à savoir la capacité d'un décodeur classique à décoder le signal Com³ et la capacité d'un décodeur Com³ à décoder un signal à codage PAL classique. Ici encore, on a utilisé la séquence Newpat et des images naturelles.

4.1.5 Codage Com³ suivi d'un décodage PAL classique

La séquence Newpat et les images naturelles codées par un codeur Com³ ont été décodées à l'aide de décodeurs PAL classiques professionnels simples, à retard de ligne et à retard de trame.

Par rapport à une opération codage PAL-décodage PAL, on a observé une réduction de la diachromie grossière, des niveaux de diaphotie analogues, une perte de résolution de chrominance verticale et un léger décalage de chrominance horizontale.

Dans l'ensemble, pour ce qui est des images naturelles, la perte de qualité était à peine perceptible.

4.1.6 Codage PAL classique suivi d'un décodage Com³

La séquence d'essai Newpat et les images naturelles codées à l'aide d'un codeur PAL classique ont été examinées après décodage par le décodeur Com³.

Par rapport à une opération codage PAL-décodage PAL, la diaphotie de grande surface était inférieure. La diaphotie de contour passait des contours horizontaux (comme dans le cas de barres de couleur normales) aux contours verticaux (comme dans le cas de barres de couleur horizontales). Ce comportement est analogue à ce que l'on observe avec des décodeurs PAL non adaptatifs en peigne pour ligne ou trame. On a observé également une augmentation de la diachromie granulaire.

Avec des images naturelles, sans diachromie manquante, la qualité globale de l'image était améliorée.

4.2 Comportement du système Com³ avec un canal non uniforme

Du fait que le système Com³ utilise une largeur de bande de canal comprise entre les valeurs de 4,4 et de 8,8 MHz, ce qui permet d'accroître la résolution de luminance, les distorsions de phase sur cette bande ou les réductions de la largeur de bande du canal provoquent non seulement une réduction de la largeur de bande de luminance disponible mais aussi des artefacts tels que des alias de luminance et des diaphoties. La visibilité de ces artefacts dépend de la magnitude des distorsions d'amplitude et de phase sur le canal.

4.3 Comportement du système Com³ avec une largeur de bande de canal de 5,5 MHz

On a choisi de limiter la largeur de bande à 5,5 MHz puisque cette valeur est représentative des limitations internes de certains équipements de traitement analogiques et numériques. Cette largeur de bande représente également la limite nominale de bon nombre de liaisons.

Avec ce type de filtrage, la perte de résolution de luminance, les alias de luminance et la diaphotie étaient clairement visibles dans le cas de la séquence d'essai Newpat. La perte de résolution de luminance, les alias de luminance et la diaphotie de contour étaient visibles dans le cas des images naturelles.

En conséquence, la qualité d'image offerte par le système Com³ avec une largeur de bande de canal de 5,5 MHz est inférieure à la qualité correspondant à la Recommandation UIT-R BT.601 mais demeure supérieure à la qualité du système PAL.

4.4 Comportement du système Com³ avec une largeur de bande de canal intermédiaire

On a utilisé ici un magnétoscope D3 normalisé doté d'un filtre d'entrée d'une largeur de bande d'environ 6 MHz et d'un filtre de sortie de caractéristique de coupure légèrement plus large, fonctionnant essentiellement comme filtre anti-alias. Pour maintenir une largeur de bande suffisante lorsque l'interconnexion avec le magnétoscope est de type analogique, il est nécessaire d'installer des filtres modifiés. L'idéal serait de disposer de filtres présentant une réponse «semi-Nyquist» au double de la fréquence de la sous-porteuse (~8,8 MHz). Toutefois, dans des conditions optimales, un filtre analogique peut offrir une approximation de cette réponse.

Avec les filtres modifiés, on observait un alias de luminance à bas niveau, à peine perceptible.

Avec les filtres normalisés, le résultat était légèrement supérieur au résultat obtenu avec une largeur de bande limitée à 5,5 MHz.

4.5 Comportement du système Com³ en présence de distorsions de phase sur le canal

Deux types de distorsion de phase ont été étudiés, tout d'abord une erreur de phase fixe entre la sous-porteuse de chrominance et la salve – phénomène pouvant être causé par le mauvais réglage d'un mélangeur, ensuite une distorsion de phase dans la bande critique 4,4 à 8,8 MHz, du type susceptible de se produire en cas de mauvais réglage de la ligne à retard ou de l'amplificateur de traitement du signal.

Les diaphoties et alias de luminance étaient à peine perceptibles avec la mire Newpat pour une erreur de phase de salve de 5° sur la sous-porteuse, et ces phénomènes devenaient légèrement gênants à 15°.

Les effets de diaphotie et d'alias de luminance étaient à peine perceptibles pour une erreur de phase de 25 ns entre 4,4 et 8,8 MHz et clairement visibles pour une erreur de phase de 60 ns.

En conséquence, le système Com³ tolère moins les distorsions de phase que le système PAL classique avec décodage par ligne à retard. Les distorsions de phase produisent des diaphoties et des alias de luminance perceptibles dans des conditions dans lesquelles un système PAL produirait des barres de Hanovre dans le cas d'un décodage simple et une perte de saturation dans le cas d'un décodage par ligne à retard.

4.6 Comportement du système Com³ dans le cas d'enregistrements successifs

L'effet le plus significatif d'une succession d'enregistrements (générations) se produit lorsque le signal Com³ est converti à la norme de la Recommandation UIT-R BT.601 d'une génération à l'autre. Dans de telles conditions, la réduction de la résolution de chrominance verticale est l'effet dominant, et ce phénomène s'accroît avec le nombre de générations, comme on peut s'y attendre avec des conversions répétées de codage 4:2:2 et 4:2:0.

Les conséquences des distorsions provoquées sur le canal par les filtres analogiques d'interconnexion ont été décrites, et ici encore, on peut s'attendre à ce qu'elles soient cumulatives. Une bande de magnétoscope de génération multiple avec décodage à la norme de la Recommandation UIT-R BT.601 entre générations et une erreur de phase des salves connue, d'un degré par génération étaient disponibles. Avec deux générations, on observait de légers alias de luminance, tandis qu'à la sixième génération apparaissait une légère diachromie.

4.7 Mixage de signaux Com³ et de signaux PAL classiques

Pour illustrer le mixage de signaux Com³ et de signaux PAL, on a incrusté un premier plan Com³ enregistré sur bande dans un fond également en Com³, en ajoutant une bordure colorée PAL classique, produite de manière interne. Le rendu de cette bordure colorée concordait avec les résultats de l'évaluation d'un signal codé Com³ – décodé PAL.

5 Conclusion

Dans le cas d'un canal plat, le système Com³ présente effectivement les caractéristiques déclarées.

Au fur et à mesure que le canal s'écarte du tracé idéal, on observe des dégradations et il est apparu que le système Com³ est plus sensible que le système PAL à cet égard.

ANNEXE 3

1 Introduction

La présente Recommandation décrit deux systèmes numériques et deux systèmes analogiques de production de programmes source pour la télévision améliorée 625 lignes au format 16:9.

Les organisations qui souhaitent s'engager dans une production de programmes améliorés ont intérêt à avoir des directives sur les différences qui existent entre ces divers systèmes. Dans la présente Annexe, on examinera brièvement différentes notions relatives à la production écran large afin de préciser où et dans quel cas on pourrait utiliser tel ou tel système.

2 Notions relatives à la production écran large

Avant d'examiner les différentes solutions possibles pour le format du signal vidéo de studio, il faut bien comprendre ce qu'est la production de studio au format 16:9.

2.1 Format

La première notion concerne la différence fondamentale qui existe entre le format 4:3 et le format 16:9. La seule et unique différence entre ces deux formats est la conversion spatiale opto-électronique dans le dispositif source (caméra électronique, caméra de cinéma, télécinéma) et la rétroconversion spatiale électronique-optique dans le dispositif d'affichage (écran de contrôle, récepteur). Le format est déterminé par la forme du capteur source et celle du dispositif d'affichage. Le signal vidéo intermédiaire est le même pour les deux formats et, ce qui est très important, les deux signaux utilisent la totalité des 576 lignes de l'image active.

On peut facilement montrer la différence entre les deux formats en visualisant un signal source 16:9 sur un écran classique 4:3; verticalement, l'image a la même hauteur mais horizontalement elle apparaît comprimée ou «écrasée». On parle souvent dans ce cas d'«anamorphose». On obtient une géométrie correcte en visualisant le signal au format 16:9 sur un écran 16:9 ou en utilisant la solution moins coûteuse d'un écran 4:3 dont le balayage vertical est réduit d'un facteur de 3/4 (beaucoup d'écrans de contrôle 4:3 offrent aujourd'hui un mode 16:9, avec balayage réduit). Il ne faut pas confondre ce dernier mode avec la présentation écran large compatible «boîte aux lettres» sur un écran 4:3 comprenant un panneau central de 430 lignes 16:9 avec des lignes noires au-dessus et au-dessous. Le format boîte aux lettres est réservé à des transmissions compatibles 4:3 (par exemple, PALplus) et n'a pas sa place dans un studio de production écran large.

2.2 Résolution

La deuxième notion a trait à la résolution. On peut considérer qu'une image au format 16:9 est une image classique 4:3 élargie. Ainsi, si pour les deux formats, des caméras visualisent la même scène et sont cadrées pour la même hauteur, l'image au format 16:9 contiendra plus d'informations dans la dimension horizontale. Il s'ensuit que si les signaux vidéo correspondants respectent la même norme de synchronisation classique 625 lignes, il faudra que le signal au format 16:9 ait une plus grande largeur de bande analogique ou une fréquence d'échantillonnage numérique plus élevée si l'on veut reproduire les mêmes détails de la scène (fréquence spatiale). La largeur de bande passe de 5 (5,5) MHz à 6,67 (7,33) MHz et la fréquence d'échantillonnage de luminance numérique de 13,5 MHz à 18 MHz. Dans certains cas – en particulier pour les systèmes de transmission écran large dont la largeur de bande est actuellement limitée à 5 (5,5) MHz (MAC et PALplus) – une amélioration de la résolution par un élargissement de la largeur de bande ne se justifie pas, mais pour les systèmes de transmission futurs qui offriront peut-être une conversion vers la TVHD, un archivage de programmes avec une meilleure résolution sera intéressant. De même, si des versions 4:3 classiques sont dérivées sous forme d'un sous-ensemble de versions 16:9, l'original écran large devrait avoir une résolution améliorée.

2.3 Norme de studio en composantes ou composite

Les systèmes de transmission écran large actuels ou en projet ont besoin d'une entrée en composantes au niveau des codeurs, le format de production idéal étant donc un format numérique en composantes. De nombreuses configurations de production sont basées sur la norme composite PAL, ce qui n'empêche pas nécessairement une production écran large. Le remplacement de tous les codeurs et décodeurs PAL conventionnels par des équivalents Clean PAL permettrait d'utiliser les équipements PAL existants tout en autorisant un décodage final inverse en composantes avec des défauts de codage négligeables. Cette solution ne se justifie peut-être pas d'un point de vue économique pour la production de studio et il vaudrait mieux la réserver pour des communications studio ou entre studios (par réseau). Il ne convient pas d'utiliser des formats de transmission codés PAL classiques ou écran large pour une production de studio écran large.

2.4 Équipements de studio

Avec des spécifications de signaux vidéo identiques pour les deux formats 4:3 et 16:9, il semblerait que l'on puisse utiliser pour la production écran large bon nombre des équipements de studio existants. Si l'on suppose que la largeur de bande pour la transmission finale sera limitée, on pourrait passer outre l'impératif d'une meilleure résolution et utiliser alors les équipements existants. Il faudra inévitablement des caméras et des écrans de contrôle nouveaux ou modifiés et tous les équipements offrant des fonctions spatiales devront être modifiés. Par exemple, la géométrie d'un cache ajouté après le montage devra être modifiée pour un format 16:9 (un cache circulaire au format 4:3 non modifié apparaîtrait elliptique au format 16:9). Les équipements n'assurant pas de traitement spatial - amplificateurs de distribution, matrices d'acheminement et plusieurs formats de magnétoscope - ne devront pas en principe être modifiés.

3 Format des signaux vidéo

Compte tenu de ce qui précède, il faut savoir clairement où et quand on peut utiliser les différents formats de signaux vidéo possibles.

3.1 Systèmes numériques

On envisage que les systèmes numériques actuellement à l'étude soient les normes de codage numérique en composantes de la Recommandation UIT-R BT.601.

3.1.1 Recommandation UIT-R BT.601 – Partie A, fréquence d'échantillonnage de luminance de 13,5 MHz

La norme de codage numérique en composantes avec une fréquence d'échantillonnage de luminance de 13,5 MHz est la base de la Recommandation UIT-R BT.601 depuis qu'elle a été élaborée en 1982, date à laquelle il n'y avait qu'un seul format d'image fixé à 4:3. Le parc d'équipements installés est aujourd'hui très important et les distributeurs d'équipements conformes à cette norme sont nombreux.

Si l'impératif de production est la radiodiffusion au format 16:9 utilisant l'un des formats de transmission écran large avec largeur de bande limitée actuels ou proposés, la Recommandation UIT-R BT.601 – Partie A, fréquence d'échantillonnage de 13,5 MHz, convient pour la production 16:9. Il peut y avoir des limitations à la conversion entre formats et les séquences archivées peuvent avoir une résolution insuffisante pour être utilisées dans des systèmes de télévision à définition améliorée (TVAD) ou de TVHD.

Les installations existantes devront être modifiées pour tenir compte des différences spatiales entre les formats 4:3 et 16:9. Les modifications les plus importantes sont examinées au § 1.2 de l'Annexe 1.

Il ne convient pas d'utiliser des équipements simulant un mode de fonctionnement en composantes alors qu'ils fonctionnent avec un processus central composite, avec des interfaces de codage de signaux bruts.

Pour de nouvelles installations, il faut envisager d'utiliser des équipements fonctionnant à la fois à la fréquence d'échantillonnage de 13,5 MHz et à des fréquences plus élevées au cas où il faudrait procéder à des mises à niveau pour obtenir une résolution plus élevée.

3.1.2 Recommandation UIT-R BT.601 – Partie B, fréquence d'échantillonnage de luminance de 18 MHz

La Recommandation UIT-R BT.601 contient maintenant une Partie B donnant toutes les caractéristiques de la norme numérique de studio améliorée utilisant une fréquence d'échantillonnage de luminance de 18 MHz pour une production de studio écran large au format 16:9. Il s'agit de la deuxième solution possible pour le format d'un signal vidéo numérique. Il existe des équipements de studio conformes à cette norme. Même si le choix en est actuellement limité, une installation de studio complète reste possible. Les nouveaux dispositifs de prise de vue CCD au format 16:9 ont une résolution en pixels suffisante pour permettre un échantillonnage à 18 MHz.

On peut appliquer au signal de sortie d'un studio 16:9 utilisant une fréquence d'échantillonnage de 18 MHz un changement de débit pour assurer l'interface avec les codecs de transmission écran large existants. Le programme source peut être archivé à des débits plus élevés et pourra donc être utilisé dans l'avenir pour des applications de TVDA ou TVHD. Les signaux classiques au format 4:3 dérivés de signaux originaux au format 16:9 auront toutes les caractéristiques indiquées dans la Recommandation UIT-R BT.601 - Partie A, fréquence d'échantillonnage de 13,5 MHz.

3.2 Systèmes analogiques

Il est bien sûr tout à fait possible d'utiliser des systèmes en composantes analogiques pour la production écran large à condition que ces systèmes puissent offrir une largeur de bande au moins égale et, de préférence, supérieure à celle du système de transmission; les radiodiffuseurs pourront ainsi utiliser les installations de ce type tant que la conversion au mode de fonctionnement numérique en composantes n'aura pas été faite.

Certains radiodiffuseurs voudront peut-être utiliser à titre provisoire les installations PAL composites analogiques (ou numériques) existantes pour la production écran large, ceci en attendant qu'ils puissent convertir leurs installations en mode de fonctionnement numérique en composantes. Cette formule est aujourd'hui possible grâce au développement de systèmes Clean PAL qui offrent un signal composite compatible avec les équipements PAL classiques existants, le décodage pour retrouver un signal en composantes restant possible avec des dégradations de codage négligeables. Tous les codeurs et décodeurs PAL existants dans la chaîne de traitement du signal principal seront remplacés par des codeurs et décodeurs Clean PAL équivalents. Il s'agit notamment des équipements simulant un fonctionnement en mode composite alors qu'ils ont un traitement principal en composantes, avec des codeurs et des décodeurs d'interface intégrés. Des écrans de contrôle avec des décodeurs PAL classiques intégrés peuvent être utilisés, à l'exception de ceux nécessaires pour le contrôle de la qualité. Les codeurs et décodeurs Clean PAL coûtent plus cher que les systèmes PAL classiques et il faut examiner avec soin le bien-fondé économique de cette solution.

Une application plus rentable des systèmes Clean PAL concerne les applications de contribution et de distribution de signaux de qualité en composantes sur les systèmes et réseaux de transmission PAL classiques existants. Le coût des quelques codecs nécessaires peut être moins élevé que celui du remplacement du réseau pour un fonctionnement numérique en composantes.

Actuellement, deux formes du système Clean PAL ont été incluses pour convenir à ces applications.

3.2.1 Système Com³

Toutes les caractéristiques de ce système sont données dans l'Annexe 2. Le système Clean PAL Com³ exploite la largeur de bande de 8 MHz élargie offerte par des magnétoscopes numériques composites au format D2 ou D3 échantillonnés à la fréquence $4f_{sc}$. Grâce à un nouveau codage de couleur et à une largeur de bande de 9 MHz étendue, le système Com³ peut offrir une largeur de bande de luminance de 6,6 MHz pour une production 16:9, ce qui équivaut à environ 5 MHz pour une production classique 4:3. On peut généralement maintenir une largeur de bande de 9 MHz dans un environnement de studio PAL qui convient bien au système Com³. Pour des voies de transmission où la largeur des liaisons peut être limitée à 5 (5,5) MHz, la largeur de bande de luminance et de chrominance du système Com³ est réduite, même s'il n'y a pas d'effets secondaires. Le système Com³ est un système 4:2:0 utilisant des signaux de différence de couleur sur des lignes alternées, mais dans une largeur de bande de 9 MHz. Le système Com³ a pratiquement les mêmes performances que le système en composantes échantillonné à 13,5 MHz de la Recommandation UIT-R BT.601 (Partie A).

3.2.2 Système MACP

Le deuxième système Clean PAL est le système MACP qui est le système de codage de couleur amélioré utilisé pour les transmissions PALplus. La principale différence entre le système Com³ et le système MACP tient au fait que les signaux codés MACP peuvent être acheminés dans les 5 (5,5) MHz de largeur de bande d'un canal de communication PAL classique. Le système MACP peut donc être utilisé pour la production de studio et pour les transmissions. Il a été décrit dans la Recommandation UIT-R BT.1197 «Système PAL de télévision améliorée à écran large (système PALplus)». Ce système est un système 4:1:1 qui se caractérise par une largeur de bande de différence de couleur réduite et une légère perte de résolution diagonale aux fréquences élevées pour des zones fixes, ramenée à une luminance de 3 MHz pour des zones animées. Des essais subjectifs ont montré que la qualité du système MACP est proche de celle du système en composantes échantillonné à 13,5 MHz de la Recommandation UIT-R BT.601 (Partie A). Une variante du système MACP pourrait offrir une largeur de bande de luminance améliorée avec un canal de transmission correspondant plus large.
