

RECOMMANDATION UIT-R BO.650-2<sup>\*,\*\*</sup>**Normes applicables aux systèmes de télévision conventionnelle pour  
la radiodiffusion par satellite dans les canaux définis par  
l'Appendice 30 du Règlement des radiocommunications**

(1986-1990-1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que l'introduction du service de radiodiffusion par satellite offre la possibilité de réduire la disparité des normes de télévision dans le monde entier;
- b) que cette introduction offre également l'occasion, grâce aux progrès technologiques, d'améliorer la qualité et d'accroître la quantité et la diversité des services offerts au public. Il est en outre possible de tirer parti des nouvelles technologies pour mettre en œuvre des systèmes de multiplexage par répartition dans le temps dont la forte communauté de caractéristiques peut aboutir à la conception de récepteurs multiformes économiques;
- c) qu'il sera sans doute nécessaire de conserver des systèmes de télévision à 625 lignes et à 525 lignes;
- d) que des services de radiodiffusion par satellite utilisant le codage composite analogique pour le signal vidéo suivant l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BT.470 sont actuellement mis en place;
- e) que l'objectif des normes de radiodiffusion par satellite est généralement de promouvoir l'utilisation maximale des installations de Terre existantes, notamment celles qui sont rattachées aux supports de réception individuels et communautaires (récepteurs, câble, méthodes de distribution par réémetteurs, etc.). A cette fin, un signal unique en bande de base, commun au système de radiodiffusion par satellite et au réseau de distribution de Terre, est souhaitable;
- f) que les conditions de sensibilité aux brouillages des systèmes utilisables ont été définies par l'Appendice 30 du Règlement des radiocommunications (RR);
- g) qu'une compatibilité totale avec les récepteurs existants est de toute façon irréalisable pour les émissions de radiodiffusion par satellite en modulation de fréquence;

---

\* *Note* – Les Rapports suivants de l'UIT-R: UIT-R BT.624-4, UIT-R BO.632-4, UIT-R BS.795-3, UIT-R BT.802-3, UIT-R BO.953-2, UIT-R BO.954-2, UIT-R BO.1073-1, UIT-R BO.1074-1 et UIT-R BO.1228 ont servi de base à l'élaboration de la présente Recommandation.

\*\* 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.

- h) que, en ce qui concerne le signal vidéo:
- les bases de la transmission de composantes séparées ont été établies, en tant que principe important, dans la Recommandation UIT-R BT.601;
  - les studios utilisant des signaux d'image en composantes produiront des images de meilleure qualité que les studios actuels utilisant des signaux composites;
  - la qualité d'image des signaux vidéo composites actuels est limitée par les effets de diaphotie chrominance-luminance dus au partage de la bande vidéo par les signaux de luminance et de chrominance;
  - les nouvelles technologies permettent la conception de récepteurs à même de traiter les composantes séparées émises avec compression temporelle et multiplexage par répartition dans le temps;
  - l'utilisation des composantes séparées permettra d'introduire ultérieurement de nouvelles améliorations de la qualité d'image;
- j) que, en ce qui concerne les voies son et les services de données accompagnant l'image de télévision:
- l'évolution de la technique permet d'envisager l'emploi des techniques numériques;
  - l'emploi de codage numérique permet d'améliorer fortement la qualité du son;
  - il importe d'adopter, parmi les systèmes décrits dans le Rapport UIT-R BO.632, celui qui offre la plus grande capacité possible, en utilisant au mieux les canaux radioélectriques définis par l'Appendice 30 du RR, et en tenant compte si nécessaire du considérant e) ci-dessus;
  - le principe d'un multiplexage temporel entre le son et les données numériques, d'une part, et le signal d'image, d'autre part, élimine les problèmes d'intermodulation entre les signaux;
- k) que, en ce qui concerne le multiplexage des signaux audio et des signaux de données correspondant aux services auxiliaires à la télévision définis dans l'Appendice 2 de l'Annexe 1:
- il importe d'utiliser au mieux la capacité offerte par le système de modulation numérique;
  - il est souhaitable d'utiliser les normes de codage des voies audionumériques que spécifient la Recommandation UIT-R BO.651 et le Manuel du de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite», et de pouvoir associer à ce codage en bande de base plusieurs niveaux de protection contre les erreurs de manière à s'adapter aux besoins particuliers des administrations;
  - il importe d'assurer la souplesse maximale du procédé de multiplexage à choisir parmi ceux dont les principes sont décrits dans l'Appendice 2 de l'Annexe 1, de manière à s'adapter aux besoins particuliers des administrations pour la répartition de la capacité disponible entre services audio et services de données, et de manière à permettre la modification de cette répartition au cours du temps et l'introduction ultérieure de nouveaux services non encore identifiés;
- l) que la robustesse du système doit permettre de fournir un service jusqu'au rapport porteuse/bruit le plus faible possible,

*recommande*

que, lorsqu'un service de radiodiffusion par satellite est mis en service sur des canaux de la bande des 12 GHz définis par l'Appendice 30 du RR, les systèmes préférés pour les services de télévision utilisant les normes à 625 et à 525 lignes (Note 1) soient:

- les systèmes utilisant les composantes analogiques multiplexées suivant l'Annexe 1 (Note 2);
- les systèmes utilisant un codage composite analogique pour le signal image, décrit dans l'Annexe 1 ou suivant la Recommandation UIT-R BT.470 ou des variantes pour certaines administrations de la Région 2.

NOTE 1 – La question du format du signal de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite est toujours à l'étude, tant au Canada qu'aux Etats-Unis d'Amérique. Ces études tiennent compte de deux types de format, soit le système de télévision à composantes (B-MAC à 525 lignes décrit dans l'Annexe 1, § 2.2) soit plusieurs systèmes de télévision composites fondés sur le signal image en bande de base NTSC.

NOTE 2 – Pour certaines administrations de la Région 1 (les administrations des pays qui sont des membres actifs de l'UER), il convient d'utiliser l'un des systèmes de la famille MAC/paquets (c'est-à-dire C, D, D2).

## ANNEXE 1

### **Normes de télévision pour le service de radiodiffusion par satellite**

#### **1 Introduction**

La présente Annexe décrit brièvement, de manière comparative, les caractéristiques essentielles de certains des systèmes qui ont été élaborés pour la transmission de signaux de télévision avec services son et données pour la radiodiffusion par satellite. Etant donné les avantages que représente la réduction du nombre de méthodes de modulation et des différences entre les caractéristiques de ces méthodes, il a été décidé d'utiliser les paramètres fondamentaux de chacun des systèmes pour élaborer des tableaux qui mettent l'accent sur les points communs entre des systèmes. Seuls les systèmes entièrement définis, adoptés, ou sérieusement examinés en vue d'être adoptés par au moins une administration, sont décrits dans ces tableaux. On trouvera dans une publication séparée de l'UIT-R, les spécifications détaillées de ces systèmes «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite».

Une attention toute particulière doit être accordée aux systèmes qui utilisent le principe général de multiplexage par répartition dans le temps qui permet une amélioration de la qualité des signaux en éliminant, en particulier, les problèmes d'intermodulation et de diaphotie luminance/chrominance. Une structure de multiplexage par répartition dans le temps permet aussi par la suite d'introduire des services supplémentaires ou des améliorations supplémentaires de la qualité des services de base. Par exemple, des images de format élargi peuvent être transmises. Des écrans de type 4:3 peuvent visualiser la partie la plus intéressante de l'image, identifiée par un signal de données. L'Appendice 1 fournit d'autres détails concernant ces améliorations du signal d'image.

Afin d'utiliser le plus possible la capacité dont on dispose grâce aux canaux définis par l'Appendice 30 du RR, tous les systèmes décrits dans la présente Annexe utilisent des techniques numériques pour le son (et pour les données); il convient également de tenir compte, si nécessaire, des besoins de translation directe sur des réseaux de distribution à bandes plus étroites. L'utilisation

d'un multiplexage son/données (associé à un système d'identification des services) offrant à la fois la capacité requise et la souplesse maximale, constitue également un avantage très important. Les possibilités d'embrouiller le signal pour en assurer une transmission confidentielle et en contrôler la réception, sont considérées de plus en plus comme des éléments importants de ces systèmes.

La présente Annexe offre un bref résumé des principales caractéristiques de chacun des systèmes entièrement définis et examinés. Il est suivi de tableaux qui énumèrent les valeurs pour les principales caractéristiques de chacun des systèmes.

## **2 Brève description des systèmes**

### **2.1 Famille MAC/paquets**

La famille de normes MAC/paquets comprend trois membres qui conviennent tous à la radiodiffusion par satellite: C-MAC/paquets, D-MAC/paquets et D2-MAC/paquets. Ces systèmes ont été optimisés en fonction de diverses exigences et répondent aux besoins différents des services de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz et de norme à 625 lignes dans un canal de satellite de 27 MHz de largeur de bande.

Les systèmes possèdent les caractéristiques communes suivantes:

- multiplexage par répartition dans le temps;
- codage d'image MAC, avec capacité d'extension du format d'image;
- multiplexage par paquet pour le son et les données;
- codage numérique du son de haute qualité et de moyenne qualité et méthode de protection contre les erreurs (voir la Recommandation UIT-R BO.651 et la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite»);
- identification de service et systèmes d'accès conditionnel avec embrouillage vidéo et audio, spécifications du système publiées par plusieurs organisations;
- mode numérique plein canal, lorsque la plage de l'image de télévision normalement réservée au signal image MAC (et à son intervalle de suppression trame) est remplacée par une salve de données (voir la Recommandation UIT-R BO.712).

Les fréquences d'horloge utilisées dans ces trois systèmes ont des relations simples avec les fréquences d'échantillonnage des normes pour les studios numériques définies dans la Recommandation UIT-R BT.601.

Cette relation étroite entre ces systèmes permet de mettre au point et d'introduire des récepteurs capables de fonctionner avec toutes les normes.

#### **2.1.1 Système C-MAC/paquets**

Le système C-MAC/paquets a été mis au point, en partie, pour fournir une capacité élevée de canaux de données.

Les caractéristiques du système C-MAC/paquets sont les suivantes:

- utilisation du multiplexage par répartition dans le temps en RF lorsque la porteuse est modulée en fréquence par des signaux d'image analogiques pendant une partie de la durée de la ligne et modulée en MDP-2-4 pendant l'autre partie de la durée de la ligne par un multiplex transmettant plusieurs canaux son, et plusieurs signaux de la synchronisation et des données;
- la capacité du multiplex son/données est d'environ 3 Mbit/s, ce qui équivaut à huit canaux son de haute qualité d'une largeur de bande de 15 kHz avec compression-extension quasi instantanée de 14 à 10 bits (protégée par un bit de parité par échantillon). La capacité de données restante peut être utilisée pour d'autres services.

### 2.1.2 Système D-MAC/paquets

Le système D-MAC/paquets a été mis au point notamment pour fournir un canal de données à haute capacité et une interface unique en bande de base pour les autres supports de transmission et de distribution.

Les caractéristiques propres au système D-MAC/paquets sont les suivantes:

- multiplexage en bande de base par répartition dans le temps, dans lequel les signaux analogiques d'image sont combinés avec des signaux son numériques, des signaux de synchronisation et de données, codés sous forme duobinaire;
- la capacité du multiplex son/données est d'environ 3 Mbit/s, ce qui équivaut à 8 canaux son de haute qualité à 15 kHz de largeur de bande avec compression-extension quasi instantanée de 14 à 10 bits (protégée par un bit de parité par échantillon). La capacité de données restante peut être utilisée pour d'autres services;
- pour la radiodiffusion par satellite, le signal unique en bande de base à multiplexage par répartition dans le temps est modulé en fréquence.

Des experts de plusieurs organisations ont étudié de façon approfondie le système D-MAC/paquets et ont également montré qu'il convenait pour la radiodiffusion par satellite.

Compte tenu des résultats de ces études, le Royaume-Uni et la Norvège utilisent actuellement le système D-MAC/paquets pour leurs services de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz.

### 2.1.3 Système D2-MAC/paquets

Le système D2-MAC/paquets a été mis au point, en partie, pour assurer une interface unique en bande de base avec d'autres moyens de distribution et de transmission.

Les caractéristiques du système D2-MAC/paquets sont les suivantes:

- multiplexage en bande de base par répartition dans le temps, dans lequel les signaux analogiques d'image sont combinés avec des signaux son numériques, des signaux de synchronisation et de données, codés sous forme duobinaire;
- la capacité du multiplex son/données est d'environ 1,5 Mbit/s, ce qui équivaut à 4 canaux son de haute qualité à 15 kHz avec compression-extension quasi instantanée de 14 à 10 bits (protégée par un bit de parité par échantillon). La capacité de données restante peut être utilisée pour d'autres services;
- pour la radiodiffusion par satellite, le signal unique en bande de base à multiplexage par répartition dans le temps est modulé en fréquence.

La République fédérale d'Allemagne et la France ont adopté le système D2-MAC/paquets pour l'exploitation de leurs services de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz (TV-SAT2, TDF-1 et TDF-2).

## 2.2 Systèmes B-MAC

Deux applications étroitement liées du système B-MAC ont été mises au point pour des normes à 525 et 625 lignes. Les deux systèmes conviennent très bien pour les applications du service de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz avec des voies de 24 MHz ou 27 MHz.

Le signal B-MAC est un multiplex en bande de base comprenant des signaux analogiques d'image avec une salve de données à quatre (ou deux) niveaux contenant des informations de son numérique, de synchronisation et de données.

Le codage du signal vidéo utilise les mêmes facteurs de compression de temps que ceux des systèmes C-MAC/paquets et D2-MAC/paquets. Les fréquences d'horloge des systèmes B-MAC 625/50 et 525/60 sont les mêmes multiples des fréquences de lignes correspondantes, de manière à permettre l'utilisation des mêmes circuits intégrés pour les deux systèmes. Dans la version à 525 lignes, les fréquences d'horloge sont en relation harmonique avec la fréquence de sous-porteuse NTSC, ce qui facilite le transcodage en NTSC. Les deux systèmes B-MAC peuvent être conçus de façon à permettre la transmission d'images de format 16:9.

Les systèmes B-MAC offrent une capacité totale de données d'environ 1,6 Mbit/s, qui peut être utilisée pour constituer six canaux audio à 15 kHz de haute qualité avec la modulation delta adaptative qui comprend le masquage d'erreur et la protection de parité (voir la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite»); ces canaux peuvent aussi être utilisés comme des canaux de données à 204 kbit/s. Un canal de données de service utilise la capacité restante dans le multiplex de données.

La structure B-MAC comprend aussi un système d'accès conditionnel fondé sur l'embrouillage par translation pour la vidéo et le chiffrement de données pour l'audio. En raison des nombreux points communs entre les systèmes B-MAC à 625 lignes et à 525 lignes, il sera possible de mettre au point un récepteur unique capable de recevoir l'un ou l'autre des systèmes B-MAC.

Le système B-MAC offre une interface unique en bande de base avec d'autres moyens d'émission et de distribution.

Le système B-MAC à 625 lignes a été adopté en Australie pour la Homestead Community Broadcasting-Satellite Service (HACBSS) qui a commencé à fonctionner en octobre 1985.

La Direct Broadcasting Satellite Association et le Advanced Television Systems Committee des Etats-Unis d'Amérique et le Canada étudient actuellement le système B-MAC à 525 lignes.

## 2.3 Système sous-porteuse numérique/NTSC

Dans ce système, une sous-porteuse numérique est multiplexée en fréquence avec un signal vidéo NTSC conventionnel. Ce système a été conçu afin d'être utilisé par le service de radiodiffusion par satellite.

Les paramètres vidéo du système sont fondés sur ceux du système M/NTSC décrit dans la Recommandation 470; ce système est donc compatible avec la norme vidéo de Terre.

Les signaux son/données sont acheminés sur une sous-porteuse à 5,73 MHz en utilisant la MDP-4D. Cette sous-porteuse, avec le signal vidéo, module en fréquence la porteuse principale. La capacité

de données du système est d'environ 2 Mbit/s. Ce système peut offrir quatre canaux audio à 15 kHz de haute qualité avec compression-extension quasi instantanée de 14 à 10 bits, ou deux canaux de très haute qualité à 20 kHz avec un codage linéaire à 16 bits. Un canal de données supplémentaire est aussi fourni dans les deux cas. Les deux systèmes utilisent le code de protection contre les erreurs BCH (63,56).

Ce système a été adopté par l'Administration japonaise en 1982 pour son système de radiodiffusion par satellite opérationnel. Ce service a commencé à être exploité en mai 1984 avec BS-2a; il est conforme à l'Appendice 30 du RR.

Le canal de données a fait l'objet de spécifications détaillées: sa capacité varie de 224 à 1 760 kbit/s selon le mode de transmission du son. De plus, il suit un schéma de multiplexage par paquet (voir l'Appendice 2).

TABLEAU 1  
Structure du multiplex données/image

Paramètre/Système		Systèmes MAC/paquets			B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC						
		C	D	D2									
Para- mètres géné- raux	1.1	Fréquence de trame de modulation (Hz)		25		29,97							
	1.2	Nombre de lignes par image (trame)		625		525							
	1.3	Fréquence ligne (Hz)		15 625		15 734							
	1.4	Nombre d'incrémentations de temps par ligne			1 296		1 365						
	1.5	Fréquence d'horloge de référence nominale (MHz)		20,25		21,328		21,477					
	1.6	Principe de multiplexage		Radiofréquence		Bande de base		Sous-porteuse					
Struc- ture de multi- plexage	1.7	Codage d'image		Composantes analogiques multiplexées dans le temps			Composite (1)						
	1.8	Largeur de bande nominale de l'image transmise (MHz)		8,4 (2)		7,5 (2)		6,3 (2)					
	1.9	Amplitude nominale de l'image (3) (V crête-à-crête)		1,000									
	1.10	Codage de données		Voir le § 4.2 du Tableau 4		Duobinaire		Quatenaire/binaire (4)					
	1.11	Débit de symbole (Mbd)		20,25		10,125		7,11		7,16			
	1.12	Encombrement spectral des données (MHz)		Non applicable		10,0		5,0		7,11 (5)		7,16 (5)	
	1.13	Amplitude nominale de données (3) (V crête-à-crête)		Non applicable		0,800		0,800		0,770		Voir le Tableau 4	
	1.14	Nombre de bits par symbole		1		2/1 (4)		1					
	1.15	Débit binaire instantané (Mbit/s)		20,25		10,125		14,22/7,11 (4)		14,32/7,16 (4)		2,048	
	1.16	Description du multiplex (6)		Souple (7)			Rigide			-			
	1.17	Configuration du multiplex de base au niveau trame		Voir la Fig. 1				-					
	1.18	Configuration du multiplex de base au niveau ligne		Voir la Fig. 2a)		Voir la Fig. 2b)		Voir la Fig. 3		Voir la Fig. 4		-	



TABLEAU 1 (suite)

Paramètre/Système		Systèmes MAC/paquets			B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC	
		C	D	D2				
Signaux de réfé- rence	1.19	Principe de synchronisation		Mot de code numérique			Image: (1) Données: mot de code numérique	
	1.20	Récupération d'horloge		Récupération à partir des données		Salve de référence à 10 cycles (20 symboles) sur chaque ligne	–	
	1.21	Synchronisation de ligne		Mot de 6 bits			(1)	
	1.22	Synchronisation de trame		Mot de 64 bits dans la ligne 625			16 bits/trame de données	
	1.23	Niveau de référence pour l'alignement du signal		Niveau constant			Image: (1) Données: sans objet	
	1.24	Période d'alignement (µs)		0,75			2,81	2,79
		(Nombre de périodes d'horloge)		15			–	60
1.25	Niveau de référence de CAG (V) (3)		± 0,500 par rapport au niveau d'alignement sur une ligne par image dans l'intervalle de suppression de trame			– 0,500 par rapport au niveau d'alignement sur une ligne par image dans l'intervalle de suppression de trame		

(1) Le système est fondé sur les caractéristiques en bande de base du système M-NTSC (voir la Recommandation UIT-R BT.470).

(2) Dans chaque cas, cette largeur de bande est inférieure à la limite imposée par la fréquence d'échantillonnage.

(3) Toutes les tensions sont mesurées par rapport à une charge de 75 Ω.

(4) Deux applications de codage de données sont possibles: d'une part, un système quaternaire avec deux bits par symbole et, d'autre part, un code binaire plus robuste.

(5) Avant l'émission, on limite intentionnellement la bande du spectre par filtrage à 6,3 MHz.

(6) La structure du multiplexeur peut être réorganisée en une configuration compatible pour la diffusion de données pleine trame.

(7) Par description de chaque composante exprimée en incréments de temps et en nombre de lignes dans la norme à 625 lignes.

(8) Il s'agit de la ligne 2 du format B-MAC, qui équivaut à la ligne 625 PAL.

TABLEAU 2  
Codage de l'image

Paramètre/Système		C-MAC/paquets D-MAC/paquets D2-MAC/paquets	B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC	
Para- mètres vidéo géné- raux	2.1	Méthode d'analyse	De gauche à droite et de haut en bas			
	2.2	Lignes actives par trame	574		483	
	2.3	Lignes de réserve par trame (disponibles pour les services et les signaux d'essai supplémentaires)	47	21/38 (1)		24
	2.4	Rapport d'entrelacement	2:1			
	2.5	Format d'image	4:3 (2)			4:3
	2.6.1	Hypothèse de gamma de visualisation	2,8		2,2	
	2.6.2	Gamma total	1,2		1,0	
	2.7	Chromaticités des couleurs primaires:	x		y	
		Rouge:	0,67		0,33	
		Vert:	0,21		0,71	
	Bleu:	0,14		0,08		
2.8	Coordonnées de chromaticité pour des signaux primaires égaux $E' = E'_G = E'_B$	Illuminant D <sub>65</sub> $x = 0,313$ $y = 0,329$			Illuminant C $x = 0,310$ $y = 0,316$	
2.9	Equation du signal de luminance	$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B$				
2.10	Equations de signaux de différence de couleur	$E'_R - E'_Y = 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B$ $E'_B - E'_Y = -0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B$		$E'_I = -0,27 (E'_B - E'_Y) + 0,74 (E'_R - E'_Y)$ $E'_Q = 0,41 (E'_B - E'_Y) + 0,48 (E'_R - E'_Y)$		
Lumi- nance	2.11	Nombre de périodes d'horloge	696	750		Non applicable (3)
	2.12	Rapport de compression	3:2			
	2.13	Fréquence nominale d'échantillonnage (MHz)	13,500	14,219	14,318	
	2.14	Largeur de bande (nominale) non comprimée (MHz)	5,6 (4)	5,0 (4)	4,2 (4)	4,5
	2.15	Niveau de référence du noir (V) (5)	-0,500 par rapport au niveau d'alignement			Non applicable (3)
	2.16	Equation du signal de luminance émis (V) (5)	$-0,500 + E'_Y$			
	2.17	Gamme d'amplitude (V crête-à-crête) (5)	de -0,500 à +0,500			

TABLEAU 2 (suite)

Paramètre/Système		C-MAC/paquets D-MAC/paquets D2-MAC/paquets	B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC	
Chrominance	2.18	Nombre de périodes d'horloge	348	375		Non applicable <sup>(3)</sup>
	2.19	Rapport de compression	3:1			
	2.20	Fréquence d'échantillonnage (MHz)	6,750	7,109	7,159	
	2.21	Largeur de bande (nominale) non comprimée (MHz) <sup>(6)</sup>	2,4	2,1		
	2.22	Niveau de référence de zéro de chrominance (V) <sup>(5)</sup>	0,000 par rapport au niveau d'alignement			
	2.23	Equations des signaux de chrominance émis (V) <sup>(5)</sup>	$E'_{DB} = 0,733 (E'_B - E'_Y)$ $E'_{DR} = 0,927 (E'_R - E'_Y)$	$E'_{DB} = 0,694 (E'_B - E'_Y)$ $E'_{DR} = 0,926 (E'_R - E'_Y)$		
	2.24	Gamme d'amplitudes <sup>(7)</sup> (V crête-à-crête) <sup>(5)</sup>	de -0,500 à +0,500			Non applicable <sup>(3)</sup>
	2.25	Transmission séquentielle	$E'_{DB}$ émis sur les lignes actives impaires de chaque trame $E'_{DR}$ émis sur les lignes actives paires de chaque trame			
	2.26	Préfiltrage vertical <sup>(8)</sup>	Paramètres de filtre laissés au choix du radiodiffuseur	0,25; 0,5; 0,25		
2.27	Coïncidence entre les signaux de luminance et de chrominance	Le signal de chrominance est transmis une ligne avant le signal de luminance associé				
Proces- sus de brouil- lage	2.28	Processus de brouillage pour l'accès conditionnel	Rotation des composantes avec deux points de coupure ou rotation des lignes avec un point de coupure	Translation de ligne		Rotation des lignes, permutation des lignes ou combinaison des deux méthodes

(1) Le plus petit chiffre correspond à un système d'accès conditionnel.

(2) Les systèmes peuvent également fonctionner avec un format d'image 16:9.

(3) Le système est fondé sur les caractéristiques en bande de base du système M/NTSC (voir la Recommandation UIT-R BT.470).

(4) Cette largeur de bande peut être étendue pour approcher la largeur de bande de Nyquist (par exemple, afin d'utiliser un format d'image 16:9).

(5) Toutes les tensions sont mesurées par rapport à une charge de 75  $\Omega$ .

(6) Cette largeur de bande sera limitée dans le codeur par un filtre conçu pour réduire au minimum la suroscillation.

(7) Les signaux de chrominance permettent d'utiliser des barres de couleur à saturation de 75% et à amplitude de 100%.

(8) Dans le récepteur, il convient d'utiliser un filtre de coefficients (0,5; 0; 0,5).

TABLEAU 3  
Structure du multiplex de données

Paramètre/Système		C-MAC/paquets D-MAC/paquets	D2-MAC/paquets	B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC	
Para- mètres de données géné- raux	3.1	Salve de données utile (bits/ligne)	$2 \times 99$ <sup>(1)</sup>	99	102/51 <sup>(2)</sup>		–
	3.2	Type de multiplex	Paquet		Continu		Continu pour le son, en paquet pour les données
	3.3	Organisation	$2 \times 82$ paquets de 751 bits/trame <sup>(1)</sup>	82 paquets de 751 bits/trame	6 canaux de 203 kbit/s plus un canal de 62,5 kbit/s	6 canaux de 204,5 kbit/s plus un canal de 62,9 kbit/s	Trame de données comprenant 32 blocs de 64 bits chacun
	3.4	Débit binaire moyen (Mbit/s)	3,08 <sup>(3)</sup> ( $2 \times 2\,050$ paquets/s)	1,54 <sup>(3)</sup> (2 050 paquets/s)	1,59	1,60	2,048
	3.5	Brouillage (pour l'accès conditionnel)	En ajoutant mod. 2 une séquence binaire pseudo-aléatoire synchronisée sur la trame de modulation au niveau du canal de données		Non indiqué		En ajoutant mod. 2 une séquence binaire pseudo-aléatoire au niveau du canal de données
Codage son	3.6	Fréquence d'échantillonnage du signal audiofréquence (kHz)	32 pour une haute qualité (HQ)  16 pour une qualité moyenne (MQ)		Débit binaire de base du signal audiofréquence (pour la haute qualité) 203 kbit/s    204,5 kbit/s  Commande de facteurs d'échelle 7,8 kbit/s    7,9 kbit/s  Commande de l'accentuation 7,8 kbit/s    7,9 kbit/s		32 kHz  ou  48 kHz
	3.7	Préaccentuation du signal audiofréquence	Recommandation J.17 de l'UIT-T		Adaptative		50/15 $\mu$ s

TABLEAU 3 (suite)

Paramètre/Système		C-MAC/paquets D-MAC/paquets	D2-MAC/paquets	B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC																				
Codage son	3.8 Méthode de codage du signal audiofréquence	Linéaire 14 bits/échantillon (L) ou quasi instantanée 10 bits/échantillon (I) Gamme de codage: 5 niveaux		Modulation delta adaptative (voir la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite»)		Quasi instantanée 14/10 ou linéaire 16 bits																				
	3.9 Protection	Gamme de protection: 2 niveaux 1 – premier niveau par 1 bit de parité par échantillon, ou 2 – second niveau par un code de Hamming à 5 bits par échantillon		2,33 bits par bloc de 13 bits		BCH (63,56), SEC, DED																				
	3.10 Débit de paquets par canal monophonique ou stéréophonique (paquets/s)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MQ mono</th> <th>HQ mono</th> <th>HQ stéréo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I1</td> <td>253</td> <td>503</td> <td>1 003</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>336,3</td> <td>669,7</td> <td>1 336,3</td> </tr> <tr> <td>I2</td> <td>336,3</td> <td>669,7</td> <td>1 336,3</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>447,4</td> <td>891,9</td> <td>1 780,8</td> </tr> </tbody> </table>			MQ mono	HQ mono	HQ stéréo	I1	253	503	1 003	L1	336,3	669,7	1 336,3	I2	336,3	669,7	1 336,3	L2	447,4	891,9	1 780,8	Non applicable		
		MQ mono	HQ mono	HQ stéréo																						
	I1	253	503	1 003																						
L1	336,3	669,7	1 336,3																							
I2	336,3	669,7	1 336,3																							
L2	447,4	891,9	1 780,8																							
3.11 Identification de la méthode de codage	Explicite par blocs d'interprétation		Non applicable		Code de commande																					
3.12 Nombre maximal de canaux audiofréquence monophoniques de haute qualité	8	4	6/3 (2)		4 (15 kHz) ou 2 (20 kHz)																					
Identi- fication de service	3.13 Emplacement des données d'identification de service	Une ligne par image dans l'intervalle de suppression de trame et dans le canal de données 0 du multiplexeur par paquets		2 lignes par image dans l'intervalle de suppression de trame		A l'étude																				
	3.14 Organisation des données de description de service	Groupe de données, commandes et paramètres acheminés par paquets		Non applicable																						

TABLEAU 3 (suite)

Paramètre/Système		C-MAC/paquets D-MAC/paquets	D2-MAC/paquets	B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC
Accès condi- tionnel	3.15 Commande de désambrouillage	Mot de commande pour l'initialisation de la séquence binaire pseudo-aléatoire		Non communiqué		Mot de commande pour l'initialisation de la séquence binaire pseudo-aléatoire
	3.16 Informations secrètes	Clés d'autorisation par service  Clé de distribution par abonné		Non communiqué		Clés d'autorisation par service ou par radiodiffuseur Clé distribuée par décodeur
	3.17 Vérification et gestion des droits d'accès	Diffusion des mots de commande chiffrés et des clés d'autorisation dans le multiplexeur de données		Non communiqué		Diffusion des mots de commande chiffrés et des clés d'autorisation dans le multiplexeur de données
	3.18 Taux d'adressage (adresses/h)	150 000 par kbit/s		1 000 000		12 500 par kbit/s
	3.19 Nombre maximal d'adresses	$64 \times 10^9$		$256 \times 10^6$		$4,3 \times 10^9$
Radio- diffu- sion de données	3.20 Codage télétexte	Systèmes télétexte UIT-R: A et B Doc. Tech. 3258 partie 4B de l'UER				
	3.21 Protection	Intervalle de protection: 2 niveaux 1 - CRC dans le bloc de données de télétexte (2 blocs de données de télétexte par paquet) 2 - CRC dans le bloc de données de télétexte + (24,12) CED globale par code de Golay (1 bloc/paquet de données de télétexte protégé)				
	3.22 Identification de la méthode de codage	Déterminée par paramètre (DCINF) dans le canal d'identification du service				

- (1) Pour constituer le multiplexeur par paquets, on peut utiliser les deux salves de données comme une entité unique.
- (2) Deux applications de codage de données sont possibles: d'une part, un système quaternaire avec deux bits par symbole et, d'autre part, un code binaire plus robuste.
- (3) La structure du multiplexeur peut être réorganisée en une configuration compatible pour la diffusion de données pleine trame.

TABLEAU 4  
Paramètres de modulation

Paramètre/Système		C-MAC/paquets	D2-MAC/paquets D-MAC/paquets	B-MAC (625 lignes)	B-MAC (525 lignes)	Sous-porteuse numérique/NTSC	
Para- mètres de modu- lation	4.1	Largeur de bande nominale du canal (MHz)	27		24		27
	4.2	Modulation des signaux de données	MDP-2-4	MF		MDPD-4-MF	
	4.3	Modulation des signaux vidéo	MF			MF	
	4.4	Polarité de modulation de fréquence	Positive				
	4.5	Position de la fréquence du niveau de référence	Exactement centrée dans le canal				–
	4.6	Composante DC	Préservée				Couplage alternatif
	4.7	Excursion de fréquence (MHz/V)	13,5		16,5	17,5	17,0 (1)
	4.8	Caractéristiques de préaccentuation	$E1^{(2)} = H(f) = \frac{1 + jf / f_1}{1 + jf / f_2}$				Recommandation UIT-R F.405
	4.9	Paramètres de préaccentuation <i>A</i> :	0,7071				
			$f_1$ (MHz)	0,84	1,87		
			$f_2$ (MHz)	1,50	3,74		
	4.10	Dispersion d'énergie (kHz)	600 Forme triangulaire synchrone de la trame de modulation				
4.11	Fréquence de sous-porteuse (MHz)	Non applicable				5,7272 (3)	
4.12	Excursion de fréquence de la porteuse principale par la sous-porteuse (MHz)	Non applicable				± 3,25	

(1) Correspond à l'excursion vidéo seulement, c'est-à-dire sans la sous-porteuse.

(2) En plus de E1, il est possible d'utiliser une préaccentuation non linéaire pour la famille MAC/paquets. (Voir la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite»).

(3) La fréquence de sous-porteuse a été déterminée de façon à correspondre à 8/5 fois la fréquence de la sous-porteuse couleur nominale, compte tenu du fait que la marge des caractéristiques de filtre doit éviter le brouillage mutuel entre l'image et le signal MDP, et d'autres signaux.

FIGURE 1  
Configuration de base pour trame MRT

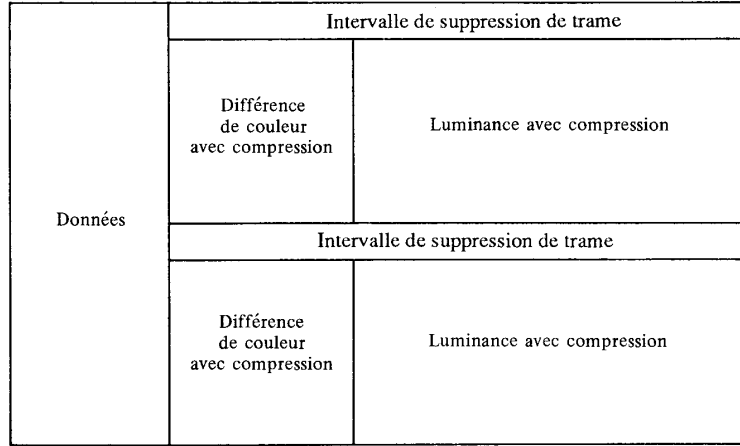


FIGURE 2a  
Forme du signal C-MAC/paquets (sans embrouillage)

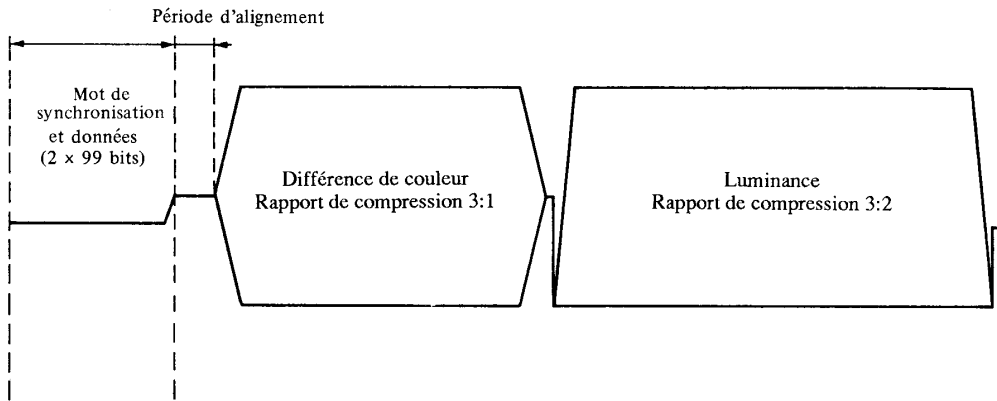


FIGURE 2b  
Forme du signal D-MAC/paquets (sans embrouillage)

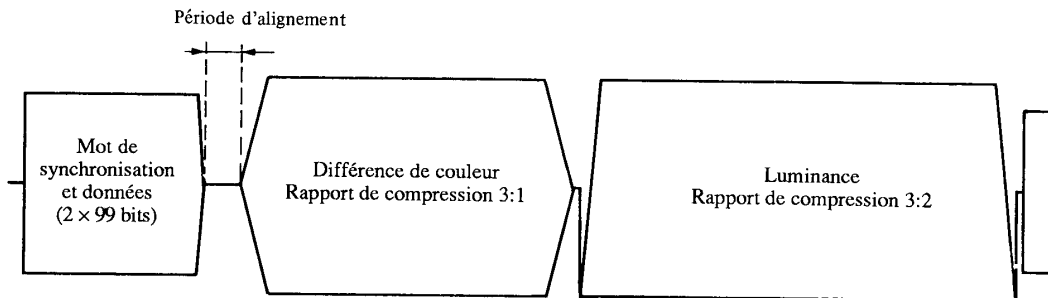




FIGURE 3  
 Forme du signal dans la bande de base D2-MAC/paquets (sans embrouillage)

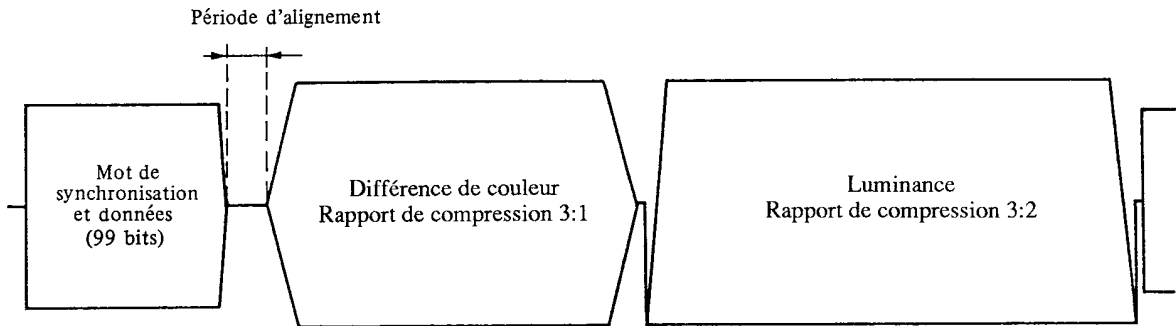
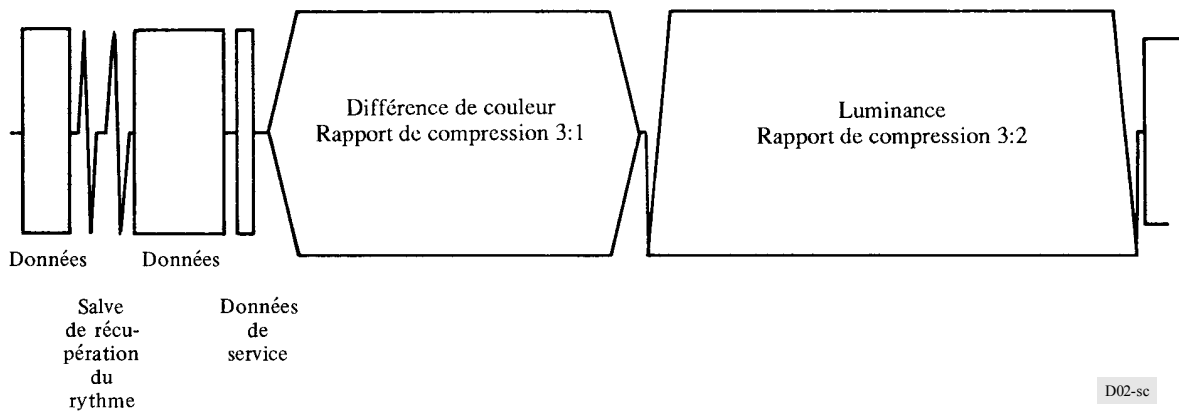


FIGURE 4  
 Forme du signal B-MAC (sans embrouillage)



## APPENDICE 1

## À L'ANNEXE 1

**Principales caractéristiques du signal MAC**

Dans le système de codage vidéo MAC, le signal de luminance et l'un des deux signaux de différence de couleur de la ligne active sont comprimés dans le temps séparément et placés séquentiellement à l'intérieur de la ligne pour former un signal à composantes analogiques multiplexées temporellement. Les deux signaux de différence de couleur comprimés dans le temps sont transmis alternativement sur des lignes successives de manière à minimiser les rapports de compression nécessaires de tous les signaux et à améliorer les caractéristiques de bruit.

A la réception, les signaux de luminance et de différence de couleur sont décomprimés par l'utilisation de mémoires de ligne dans le décodeur. Cette méthode permet de distribuer les dégradations dues au bruit de façon équilibrée entre la chrominance et la luminance pour améliorer la performance en présence de signaux faibles. Les diaphoties sont complètement éliminées.

La compression temporelle des signaux vidéo entraîne une augmentation proportionnelle de la largeur de bande vidéo requise pour laisser passer le signal. Toutefois, la largeur spectrale du signal MF est fonction de la fréquence et de l'amplitude des signaux en bande de base, ce qui peut servir à loger un signal comprimé dans le temps. L'absence de sous-porteuse couleur réduit l'excursion aux fréquences de modulation élevées ce qui permet d'augmenter la largeur de bande émise des signaux vidéo en bande de base.

Pour une largeur de bande vidéo constante, la compression temporelle des signaux dans le codeur, suivie d'expansion temporelle dans le décodeur, entraîne une augmentation de la puissance de bruit en sortie du récepteur. En première approximation, la puissance de bruit augmente comme le cube du rapport de compression.

Il ressort clairement de ces considérations qu'il faudrait s'attacher tout particulièrement à réduire les rapports de compression utilisés lors de la conception de systèmes MAC. En général, toutefois, les systèmes MAC peuvent être conçus de manière à avoir une caractéristique de bruit supérieure à celle des systèmes de télévision classiques employant les mêmes largeurs de bande vidéo. Dans ce contexte, les avantages du système MAC sont particulièrement importants lorsque le rapport  $C/N$  a une valeur proche ou inférieure à celle du seuil MF, car le réseau de désaccentuation MAC ne cause que de courtes traînées horizontales qui sont subjectivement moins gênantes que celles des systèmes classiques. En outre, les traînées de bruit de seuil ne s'étendent pas aux éléments d'image adjacents, aussi est-il facile d'appliquer des méthodes de masquage.

**1 Aspects multiplexage**

Plusieurs variantes du format MAC ont été développées et ont atteint un stade avancé: systèmes C-MAC/paquets, D-MAC/paquets, D2-MAC/paquets, B-MAC. La principale différence entre ces systèmes réside dans la manière dont les signaux numériques son/données sont multiplexés avec le signal image MAC.

En C-MAC/paquets, les signaux son et de données sont insérés dans l'intervalle de suppression de ligne du signal vidéo au niveau RF sous la forme d'une porteuse modulée numériquement. A l'émission, un multiplexage temporel est effectué en fréquence intermédiaire, en commutant les signaux vidéo modulés en fréquence et les signaux son et données modulés numériquement, de manière à maintenir la continuité de phase de la porteuse RF émise.

Dans le cas des systèmes D-MAC/paquets et D2-MAC/paquets mis au point par l'UER et du B-MAC mis au point au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique, les signaux son et de données sont transportés dans l'intervalle de suppression de ligne en bande de base sous la forme de signaux numériques. Pour ces systèmes, le spectre du signal son/données peut être obtenu en bande de base à la sortie du discriminateur ou du démodulateur à boucle à verrouillage de phase utilisés pour la vidéo.

Des essais pratiques ont montré qu'un signal C-, D- ou D2-MAC/paquets fonctionnant avec une largeur de bande vidéo comprimée de 8,4 MHz satisfait aux spécifications de brouillage prescrites par la CAMR-RS-77 (voir l'Annexe 3 à la Recommandation UIT-R BO.792). Par ailleurs, des mesures de brouillage dans le cas du système B-MAC ont indiqué que le critère de brouillage dans le même canal spécifié par la CARR SAT-83 est satisfait.

## 2 Aspects image

Avec le système C-MAC/paquets et les multiplex son de type B, (D-MAC/paquets, D2-MAC/paquets, B-MAC), l'absence de sous-porteuse permet d'augmenter la largeur de spectre des signaux vidéo en bande de base ou l'excursion de fréquence: la possibilité d'augmenter la largeur de bande vidéo comprimée jusqu'à environ 11 MHz est démontrée par des essais de brouillage faits sur un système appelé PAL étendu.

Une autre caractéristique des systèmes C-, D- ou D2-MAC/paquets est la possibilité de signaler des changements dans les limites entre le signal numérique et le signal vidéo et entre le signal vidéo et l'intervalle de suppression de trame. Des propositions sont faites en vue d'utiliser cette possibilité pour permettre la transmission d'images ayant un format plus large.

Le signal MAC est aussi très bien adapté à l'embrouillage vidéo pour accès conditionnel. Ces méthodes d'embrouillage utilisent un moyen simple de réarrangement des blocs vidéo. La séparation des composantes dans un multiplex temporel facilite cela. Le désembrouillage se fait facilement dans les mémoires de ligne du décodeur MAC sans nécessiter de circuits supplémentaires.

Le problème de la compatibilité avec les récepteurs existants est le même, que l'on utilise le codage MAC ou le codage de télévision classique. Dans les deux cas, de nouvelles installations extérieures et intérieures de complexité globale comparable sont nécessaires. Dans le cas MAC, toutefois, de nombreux récepteurs imposeront que l'installation intérieure soit dotée d'un codeur composite.

### 3 Résumé

Les systèmes MAC offrent de nombreux avantages par rapport aux autres systèmes classiques. Parmi ceux-ci, on peut citer:

- l'élimination des diaphoties luminance-chrominance et chrominance-luminance;
- l'amélioration de la résolution horizontale de luminance et de différence de couleur;
- une amélioration subjective globale pour ce qui est du bruit;
- une distorsion et une intermodulation réduites;
- l'utilisation plus efficace du canal de transmission;
- un embrouillage vidéo facilité pour l'accès conditionnel;
- des possibilités d'images à définition améliorée de format d'image plus large;
- le maintien de la transmission son/données numériques de grande capacité.

## APPENDICE 2

### À L'ANNEXE 1

## **Méthodes de multiplexage pour l'émission de plusieurs sons numériques ainsi que de signaux de données en radiodiffusion**

### 1 Introduction

Le présent Appendice contient des résultats sur la comparaison des méthodes de multiplexage utilisables pour l'émission de plusieurs voies son numériques ou, le cas échéant, d'autres informations, en association avec l'émission d'images de télévision analogique, en vue de nouvelles applications en radiodiffusion.

L'étude des méthodes de multiplexage de plusieurs signaux audio et de signaux de données doit tenir compte des deux principaux procédés utilisables pour multiplexer le signal numérique complet avec le signal d'image; ces procédés sont respectivement:

- le «multiplexage interrompu», correspondant, par exemple, à l'insertion d'impulsions numériques dans l'intervalle de suppression de ligne (mis en œuvre dans les systèmes MAC)
- le «multiplexage non interrompu», correspondant, par exemple, à des impulsions numériques sur une sous-porteuse (mis en œuvre dans le système sous-porteuse numérique/NTSC).

Deux techniques de base sont envisagées ici: le multiplexage «temporel synchrone» et le multiplexage «par paquets»; on a recherché les avantages et les inconvénients de principe de chacun de ces systèmes pour les deux cas mentionnés précédemment, à savoir le multiplex interrompu et le multiplex non interrompu. De nouvelles études seront nécessaires pour optimiser ces catégories de systèmes.

## 2 Services à assurer

Les services sonores envisagés en radiodiffusion sont les suivants:

- son de haute qualité (stéréophonique ou monophonique) associé à l'image (largeur de bande audio de 15 kHz);
- son de haute qualité (monophonique, stéréophonique ou même tétraphonique) pour des programmes supplémentaires de radiodiffusion sonore (largeur de bande audio de 15 kHz);
- son monophonique de haute qualité ou de qualité moyenne à des fins diverses (par exemple, commentaires multilingues en association avec le son international, etc.);
- signaux de qualité «commentaire»;
- signaux de qualité téléphonique.

Parmi les services de données supplémentaires envisagés, on peut notamment citer les suivants:

- données d'information (par exemple, informations de service, texte codé, sous-titrage, logiciel d'ordinateur et étiquetage des programmes);
- informations spéciales pour la télévision à péage;
- appel de personnes.

Cette liste n'est pas exhaustive; à l'avenir, d'autres applications apparaîtront en fonction de l'évolution des besoins et de la technologie. Les exigences peuvent varier de pays à pays et dans le temps.

Pour cette raison, il est souhaitable de disposer d'une certaine souplesse dans l'utilisation du train de bits. Les besoins relatifs au son portent sur une capacité donnant l'équivalent de deux à huit voies monophoniques de haute qualité.

## 3 Multiplexage des signaux sonores et de données

En vue de son multiplexage avec le signal vidéo, un signal numérique unique est lui-même constitué par multiplexage à répartition dans le temps des divers signaux son et de données. On connaît deux principes fondamentaux de multiplexage qu'on appelle multiplexage synchrone à répartition dans le temps (STD) et multiplexage asynchrone à répartition dans le temps (ATD) ou multiplexage de paquets.

### 3.1 Multiplexage synchrone à répartition dans le temps (STD)

Dans le multiplexage classique STD, le train binaire est subdivisé en sections de longueurs égales, appelées trames. La trame consiste elle-même en créneaux temporels qui sont chacun consacrés à l'acheminement de l'information relative à un signal d'entrée. Une combinaison prédéterminée de bits (la structure de verrouillage de trame) permet au récepteur de se synchroniser sur le signal numérique d'entrée. Pour les systèmes existants, l'en-tête nécessaire à cet effet ne dépasse normalement pas 5%. On connaît des méthodes très efficaces pour acquérir la synchronisation et la conserver, même en présence de nombreuses erreurs binaires.

La structure du multiplex peut être fixe ou soumise à des réassignations en fonction des besoins du signal d'entrée. On peut utiliser une faible partie de l'en-tête aux fins de signalisation pour indiquer les modifications de structures et par là assurer de la souplesse. En service normal, la réassignation du canal son est relativement rare en raison de la nature continue du son.

La capacité de tout canal que le son n'utilise pas peut être attribuée aux données. Dans le cas des données, la structure détaillée peut être décrite dans le canal de données comme cela se fait dans le multiplexage par paquets avec paquets de longueur fixe (voir le § 3.2). Cette méthode n'exige donc

pas que l'on allonge l'en-tête du multiplex pour signaler la présence des données. Cette structure a pour but d'exploiter au mieux la capacité du canal au profit d'informations utiles avec une souplesse raisonnable ainsi qu'avec des récepteurs de conception simple et stable.

Le système NTSC à sous-porteuse numérique (voir l'Annexe 1) a pour le son et les données une structure de multiplexage STD avec, dans la trame numérique, des codes de commande qui indiquent la structure de la trame. Le système comprend aussi une structure de multiplexage de paquets dans la zone du canal de données (voir le § 3.2).

### 3.2 Multiplexage de paquets

Dans le cas du multiplexage de paquets ou ATD, le train binaire obtenu sur le canal numérique consiste en blocs successifs de longueur égale, appelés paquets\* et comprenant deux parties:

- l'en-tête, et
- le champ d'information.

L'en-tête contient essentiellement le numéro logique ou adresse du canal et, parfois, un index de continuité. Comme chaque paquet ne contient que des données provenant d'un seul signal d'entrée, le récepteur effectue la sélection par détection de l'adresse du signal désiré. L'index de continuité sert à vérifier que la séquence des paquets à l'entrée est correcte. Normalement, l'information que contient l'en-tête est bien protégée contre les erreurs binaires qui surviennent lorsque la réception est difficile par un code de correction des erreurs sans voie de retour (CED). Ainsi, les pertes de cellules dues à l'altération de l'adresse par des erreurs binaires sont-elles très rares. L'en-tête peut occuper jusqu'à 10% de la capacité du signal.

Le champ d'information contient les données utiles généralement organisées en octets et parfois, les informations de commande.

Comme les paquets se succèdent immédiatement les uns aux autres, on peut repérer leurs limites (c'est la synchronisation des paquets) en vérifiant dans l'en-tête le polynôme du code CED (voir la Recommandation I.432 de l'UIT-T). Quand il s'agit d'un système conçu pour des applications à la radiodiffusion, la séquence des paquets est adaptée à la trame ou à l'image dans le signal vidéo (comme le signal MAC). Ainsi, la synchronisation des paquets est la même que pour la synchronisation de trame ou d'image respectivement.

Les paquets d'un canal donné n'apparaissent pas forcément de façon périodique dans le multiplex de paquets. En fait, ils peuvent être distribués de façon aléatoire dans le multiplex selon les exigences de la source de données et la disponibilité des créneaux temporels de paquets vides. C'est ce qui explique le mot asynchrone dans l'ATD.

Le comportement asynchrone du multiplexage de paquets pose le problème appelé synchronisation de bout en bout. On peut le résoudre, par exemple, au moyen d'un mécanisme de récupération de l'horloge dans le récepteur. Avec cette méthode, en principe, le récepteur comprend un oscillateur commandé par tension (OCT) commandé par le débit binaire moyen obtenu en faisant appel à une mémoire tampon.

---

\* Note – Dans la terminologie de l'UIT-T, ces paquets sont appelés *cellules*.