

RAPPORT UIT-R BO.2008-1

RADIODIFFUSION NUMÉRIQUE MULTIPROGRAMME PAR SATELLITE

(Question UIT-R 217/11)

(1995-1998)

1 Introduction

Le présent Rapport, qui répond à la Question UIT-R 217/11 donne des informations de fond recueillies pendant la préparation des Recommandations UIT-R BO.1211 et UIT-R BO.1294.

Le champ d'application des Recommandations est la radiodiffusion directe par satellite de signaux de télévision destinés à être captés par les antennes de petit diamètre, qu'utilisent, par exemple, les systèmes à réception directe chez le particulier (DTH, *direct-to-home*), à antenne de réception collective (SMATV, *satellite master antenna television*) ou à station d'alimentation de réseau câblé. Cependant, certaines Questions associées ont également été traitées, comme les problèmes de compatibilité de débit binaire ou les techniques de modulation et de codage canal utilisées par les installations de Terre, SMATV et câblées.

La manière dont les études ont été organisées est résumée à la Fig. 1.

Une liste des sigles utilisés dans le présent Rapport se trouve au § 9.

2 Codage de source et multiplexage

En toute logique, les systèmes de radiodiffusion vidéonumérique (DVB, *digital video broadcasting*) par satellite seront élaborés à partir de normes évolutives comme:

- 1) pour le codage d'image: Norme internationale ISO/CEI 13818-2;
- 2) pour le codage du son: Recommandation UIT-R BS.1196;
- 3) pour le multiplexage: Norme internationale ISO/CEI 13818-1.

Pour des raisons de compatibilité, les fournisseurs de services numériques de télévision multiprogramme destinés par ailleurs à être reçus par les installations SMATV doivent connaître les valeurs de débit binaire caractéristiques des systèmes SMATV (Doc. 10-11S/68).

2.1 Architecture de compression vidéo MPEG-2

La norme de compression vidéo MPEG-2, soit la Norme ISO/CEI 13818-2, définit une syntaxe ou un langage qui doit être compris par un décodeur compatible MPEG-2. Un flux de données MPEG-2 décrit exactement quelles sont les actions qu'un décodeur compatible MPEG-2 doit prendre pour reconstituer la séquence vidéo d'origine.

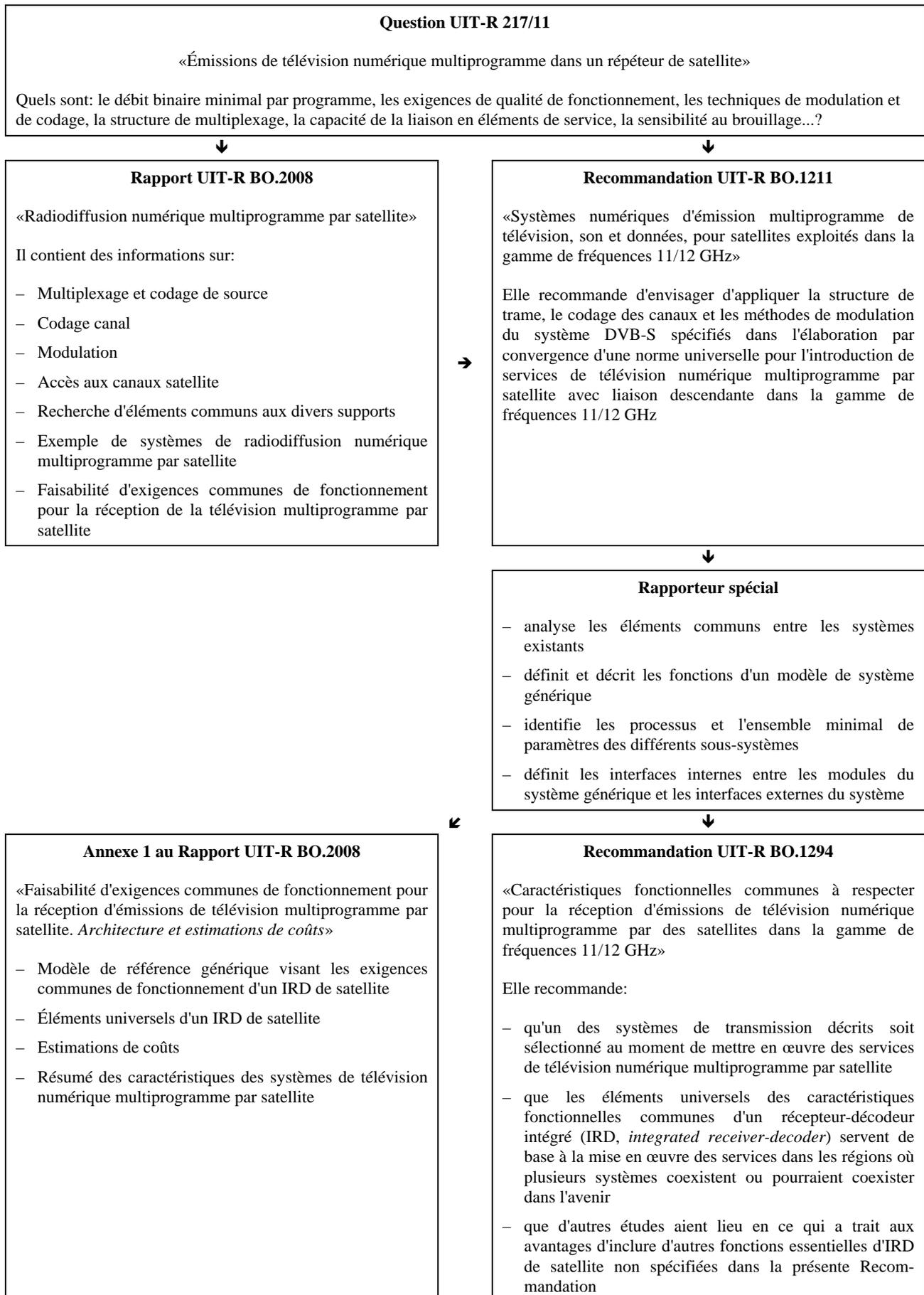
L'architecture et la syntaxe globales MPEG-2 ont été conçues de sorte qu'un décodeur MPEG-2 soit un dispositif beaucoup plus simple qu'un codeur MPEG-2. Ce fait est très important dans les applications de radiodiffusion où il y a typiquement un seul codeur pour plusieurs milliers ou millions de décodeurs. Ce type d'architecture réduit considérablement le coût global du système.

Pour une application donnée, certains paramètres fondamentaux MPEG-2 peuvent être sélectionnés pour établir la résolution statique, le temps d'acquisition, l'utilisation de trames B et d'autres caractéristiques fondamentales. La gamme de paramètres utilisée dans un système donné déterminera les exigences fondamentales de compatibilité pour les décodeurs du système.

Toute séquence vidéo donnée peut être codée en flux de données compatibles avec la syntaxe MPEG-2, de différentes manières, en utilisant différents algorithmes de compression. Chacun de ces flux de données compatibles avec la syntaxe MPEG-2 sera différent des autres, et cependant, quand ils seront présentés à un décodeur compatible MPEG-2, ils pourront tous donner des séquences vidéo de sortie semblables aux séquences originales d'entrée du codeur.

FIGURE 1

Organisation des travaux



Un point important à noter est que les algorithmes de codage les plus efficaces peuvent donner une qualité vidéo de sortie meilleure, en utilisant moins de bits par séquence, que les algorithmes moins efficaces. Cela veut dire que toute séquence vidéo donnée peut être comprimée en un flux binaire compatible MPEG-2 de plusieurs manières, certaines étant plus efficaces que d'autres.

Les codeurs MPEG-2 sont des dispositifs assez complexes, et les algorithmes de codage utilisés dans ces codeurs sont constamment raffinés et améliorés. On s'attend à ce que ces améliorations continuent encore pendant quelque temps.

Les décodeurs MPEG-2 employés actuellement dans de nombreux systèmes numériques multiprogramme opérationnels sont conçus de manière à pouvoir décoder correctement tout flux de données compatible avec la syntaxe MPEG-2. Ainsi, ces décodeurs ne deviendront pas désuets, car les codeurs seront améliorés régulièrement au moyen d'algorithmes de codage plus efficaces.

Les codeurs vidéo MPEG-2 peuvent donc être améliorés et mis à jour sur une période de temps, sans nécessiter de mise à jour du matériel ou du logiciel au décodeur. Il s'agit là d'une caractéristique précieuse de l'architecture vidéo MPEG-2, car elle permet des améliorations techniques futures de l'efficacité de la compression vidéo MPEG-2 sans nécessiter de modification des décodeurs MPEG-2.

2.2 Méthodes de multiplexage statistique

Des techniques ont été mises au point dans l'industrie de l'équipement de radiodiffusion pour fournir des codeurs MPEG-2 fonctionnant avec un débit binaire variable. Cette technique met à profit la nature statistique des séquences vidéo, en attribuant une capacité de canal plus grande aux séquences difficiles et une capacité de canal moins grande aux séquences plus faciles.

Des algorithmes de multiplexage statistique sont déjà utilisés dans de nombreux systèmes, mais on croit que des progrès techniques importants sont encore possibles dans ce domaine.

2.3 Nombre de programmes par répéteur

Le nombre de programmes pouvant être acheminés par un répéteur dépend d'un certain nombre de paramètres. Ces paramètres comprennent le débit d'information disponible, le type du format de la source vidéo utilisée (composante ou composite), la qualité globale du contenu de source vidéo, la résolution vidéo, le caractère critique du contenu vidéo dans sa relation avec l'algorithme de compression (par exemple, type de contenu de programme) et la qualité vidéo désirée.

Étant donné l'état actuel de la technologie de compression vidéo, le Tableau 1 donne les gammes de débit binaire d'information par programme, qui conviennent pour assurer une qualité de télévision à définition normale (TVDN).

TABLEAU 1
Exemples de débits binaires par programme pour la TVDN

Films	2,5 à 4 Mbit/s
Contenu éducatif	2,0 à 4 Mbit/s
Contenu général	3 à 7 Mbit/s
Sports	5 à 11 Mbit/s
Audio associé (Deux canaux stéréo) ⁽¹⁾	64 à 256 kbit/s

⁽¹⁾ Des débits binaires nettement supérieurs seraient nécessaires pour le son multicanal ambiance.

On peut estimer le nombre de programmes qui peuvent être acheminés par un répéteur en répartissant le débit binaire total d'information du répéteur entre les services vidéo et audio choisis. Une certaine capacité doit aussi être réservée aux canaux d'information sur les programmes et de données d'accès conditionnel.

On s'attend à ce que de futurs progrès de la technologie de compression, des méthodes de multiplexage statistique et du codage de transmission augmentent de manière importante le nombre des programmes actuellement acheminés par un répéteur donné.

2.4 Identification d'une stratégie pour distinguer les flux de transport MPEG-2 parmi les applications

Dans les systèmes MPEG-2, les éléments «privés» peuvent se définir individuellement selon chaque application. Le cadre de la recommandation portant sur les données d'information sur les programmes et de service pour les systèmes de radiodiffusion numérique qui utilisent les éléments privés a été établi par le Groupe de travail 11D, en 1994. Mais des éléments privés différents sont incorporés dans les systèmes DVB ou dans d'autres systèmes. Dans le cadre de la Commission d'études 9 de la normalisation des télécommunications, des études sur des guides de programme et des outils de navigation ont aussi été entamées par un Rapporteur spécial.

Si cette question ne fait l'objet d'aucune unification, du brouillage mutuel entre les parties définies de manière privée se produira dans le récepteur. Ce problème sera évité si les systèmes spécifiques sont identifiés dans le contexte du flux de transport.

On estime que ce point est essentiel pour réaliser l'interopérabilité des systèmes numériques de radiodiffusion. Par conséquent, des études devraient être effectuées à la Commission d'études 11 des radiocommunications en coopération avec les Commissions d'études, les Groupes de travail et les Groupes d'action connexes au sein de l'UIT-R et de l'UIT-T, ainsi qu'au sein de l'ISO/CEI, pour la réalisation d'une stratégie unifiée.

3 Codage canal

Le codage canal recouvre les opérations suivantes: dispersion d'énergie, codage externe, entrelacement, codage interne et filtrage en bande de base.

Il serait souhaitable de se rapprocher d'un système commun de codage canal afin de permettre une compatibilité plus étendue entre différents systèmes, comme l'explique l'Annexe 1.

4 Modulation

Plusieurs techniques de modulation de canal se prêtent à une utilisation à bord d'un satellite. La technique la plus répandue parmi les systèmes qui sont actuellement mis en place ou à l'étude est la modulation MDP-4, qui offre un compromis satisfaisant entre la densité de puissance spectrale du satellite, la robustesse en présence des non-linéarités inhérentes aux répéteurs de satellite et la simplicité de mise en œuvre du récepteur-décodeur intégré (IRD, *integrated receiver-decoder*).

On a étudié également les problèmes de compatibilité entre les techniques de modulation utilisées à bord du satellite d'une part, et celles qui interviennent dans les systèmes de radiodiffusion de Terre ou par câble d'autre part. En utilisant la même technique de modulation, on pourrait obtenir une compatibilité maximale des émissions numériques.

Le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) et les techniques monoporteuse de modulation MAQ ou à bande latérale résiduelle sont également à l'étude pour la radiodiffusion vidéo numérique de Terre. D'autres travaux [Cominetti et autres, 1993], ainsi que le Doc. 10-11S/136, indiquent qu'avec la technique MROF, la puissance d'émission du satellite n'est pas exploitée de manière optimale. En outre, ces techniques de modulation nécessitent une puissance de répéteur supérieure et présentent l'inconvénient d'avoir une sensibilité élevée aux distorsions de non-linéarité de l'amplificateur à tube à ondes progressives (ATOP).

Il faut noter que ces conclusions préliminaires sur la technique MROF ne sont applicables qu'à la réception directe sur des antennes fixes, qui n'est pas sujette aux affaiblissements par trajets de propagation multiples ou sélectifs. Dans le cas des récepteurs de télévision mobiles ou portatifs, les avantages de la technique MROF en termes de marge pour les affaiblissements sélectifs pourraient compenser les inconvénients qui résultent de la puissance supplémentaire nécessaire et des distorsions de non-linéarité dues aux ATOP. Des techniques de compensation par égalisation sont néanmoins à l'étude pour la modulation MDP-4, qui devraient permettre de régler le problème posé par la propagation multiple. Si l'on devait s'intéresser davantage à la réception télévisuelle mobile par satellite, il faudrait effectuer un complément d'étude sur les technologies MROF et MDP-4 avec compensation.

5 Accès aux canaux satellite

Deux techniques permettent d'assurer la diffusion télévisuelle multiprogramme avec un seul répéteur de satellite: les systèmes d'accès par multiplexage à répartition dans le temps (AMRT) et par répartition en fréquence (AMRF).

Avec la technologie AMRT, les programmes de télévision numérique sont multiplexés dans le temps sur une porteuse unique, alors qu'avec la technologie AMRF, ils sont acheminés par N porteuses indépendantes qui utilisent en partage la même largeur de bande de répéteur. Le Document 10-11S/135 (octobre 1993) compare ces deux techniques dans les cas de figure suivants: modulation MDP-4 avec débit de codage convolutif de 3/4, débits binaires utiles compris entre 34 et 45 Mbit/s, largeur de bande du répéteur de 36 MHz. Il serait également possible d'assurer des débits binaires du même ordre dans des largeurs de bande de répéteur comprises entre 24 et 33 MHz, en modifiant le débit de codage en conséquence. Les résultats établissent que l'accroissement du rapport C/N qui est inévitable avec l'AMRF a son importance. Par exemple, avec cette méthode, un accroissement supplémentaire du rapport C/N de 2,3 dB (deux porteuses par répéteur) et de 5,8 dB (quatre porteuses) est nécessaire par comparaison avec une monoporteuse AMRT, pour un même débit binaire total de 34 Mbit/s.

6 Recherche d'éléments communs aux divers supports

Il convient de rechercher un maximum d'éléments communs dans les différents supports d'acheminement utilisés dans la radiodiffusion télévisuelle numérique multiprogramme; même lorsque les environnements de transmission sont très différents, les éléments essentiels peuvent être identiques. Cependant, l'optimisation des capacités de chaque support d'acheminement impose certaines différences.

Les supports en question sont les suivants: satellite, câble, antenne de réception collective (SMATV), systèmes hyperfréquence de distribution multipoint.

La Recommandation UIT-R BO.1211 recommande d'envisager l'adoption de la structure de trame et des méthodes de modulation et codage canal du système DVB-S en vue d'élaborer une norme universelle sur les services de radiodiffusion multiprogramme par satellite. Un projet de Recommandation relative à un système numérique d'émission multiprogramme (télévision, son et données) pour la distribution par câble, préconisant l'utilisation du système DVB-C a été soumis à l'UIT-T. De même, un projet de Recommandation relative à un système numérique d'émission multiprogramme (télévision, son et données) pour la distribution SMATV, préconisant l'utilisation du système DVB-CS pour la distribution sur les systèmes SMATV, a été soumis à l'UIT-T.

On pense que les caractéristiques du codage de l'image à la source, du codage du son à la source et du multiplexage de transport pourraient être identiques pour tous les supports, ce qui conférerait une souplesse optimale au système, le même multiplexage étant utilisé quel que soit le support. On pourrait adopter comme base la structure de multiplexage MPEG-2 (flux de transport) (paquets de longueur fixe contenant 188 octets de données). La Norme MPEG-2 TS (flux de transport, *transport stream*) contient quelques éléments d'information de service, et prévoit des dispositions appropriées en vue de l'adjonction de systèmes d'information de service plus développés.

La mise en trame, la synchronisation et la randomisation peuvent être identiques.

Le codage externe, lorsqu'il est nécessaire (ce qui dépend du support), doit utiliser le même schéma et le même rapport. De même, lorsqu'on définit un entrelacement (ce qui dépend du support), il faut utiliser un niveau identique.

Le codage interne, lorsqu'il est nécessaire, doit être convolutif et de même longueur de contrainte de codage (K). Le taux de correction d'erreur peut être sélectionné, ce qui facilite l'optimisation de la conception de chaque système. La plupart des systèmes pourraient autoriser la sélection du taux de correction d'erreur directe (CED) par l'utilisateur.

On peut choisir des caractéristiques de décroissance différentes pour chaque support, afin de les adapter le mieux possible aux caractéristiques du canal.

Il faut approfondir la notion de canal «conteneur» pour faciliter l'interfonctionnement lors du passage du signal d'un support à l'autre.

Le système de modulation dépend des caractéristiques particulières du support d'acheminement. Par exemple, dans le cas de la radiodiffusion par satellite, la puissance est le facteur limitatif, et il est donc possible d'utiliser des bandes plus larges; par contre, pour les systèmes de distribution par câble, il faudra peut-être utiliser des systèmes de modulation à meilleur rendement spectral.

Par conséquent, le passage des signaux numériques d'un support à l'autre peut nécessiter une transmodulation et une réadaptation spécifiques aux caractéristiques de chaque canal. Compte tenu des caractéristiques de la transparence des divers supports en matière d'interconnexion, une opération de démultiplexage/remultiplexage peut être nécessaire (par exemple, pour les systèmes professionnels de transmission par câble).

Bien qu'il n'y ait apparemment pas de limite maximale, sauf théorique, au débit binaire des divers systèmes, il faudrait étudier les possibilités de passage de bout en bout du flux binaire, quelles que soient les caractéristiques du canal (qui dépendent du support de transmission), sans traitement du signal à chaque point d'interconnexion.

Dans la mesure du possible, il faut chercher à conserver le maximum de caractéristiques communes avec les infrastructures de Terre actuelles (hiérarchie numérique plésiochrone (HNP), synchrone (HNS), etc.), si l'on veut que les infrastructures actuelles acceptent les signaux numériques multiprogramme.

La technologie du mode de transfert asynchrone (ATM, *asynchronous transfer mode*) est en cours de déploiement dans le monde entier.

Deux méthodes ont été définies pour structurer les paquets de flux de transport MPEG-2 dans des cellules ATM, d'une manière conforme à celle qui est présentée dans la Recommandation UIT-T J82 traitant du transport de signaux de télévision à débit binaire constant MPEG-2 dans un réseau numérique à intégration des services à large bande (RNIS-LB). Le RNIS-LB se fonde sur le mode ATM.

La première méthode utilise le type 1 de couche d'adaptation ATM (couche AAL, *ATM adaptation layer*, type 1). Un paquet de flux de transport est configuré dans quatre cellules ATM. La taille du paquet de flux de transport MPEG-2 (188 octets) a été spécifiée relativement au bloc d'information utile UDP-SAR (unité de données de protocole – sous-couche de segmentation et de réassemblage) de la couche AAL de type 1, c'est-à-dire 47 octets. Il en résulte que le paquet de flux de transport correspond exactement à quatre blocs d'information utile UDP-SAR quand on utilise une couche AAL de type 1.

La deuxième méthode utilise une couche d'adaptation ATM de type 5 (couche AAL, type 5). Cette mise en correspondance est appelée mise en correspondance 1/N: de 1 à N paquets de flux de transport MPEG-2 sont mis en correspondance dans une couche UDS-AAL (unité de données de service – couche d'adaptation ATM). La valeur N est établie par signalisation au moment de l'établissement de la communication. En absence de signalisation, la taille implicite de l'UDS-AAL est de 376 octets.

Si deux paquets consécutifs de flux de transport ne contiennent pas de référence d'horloge du programme (PCR, *program clock reference*), ils peuvent être directement mis en correspondance dans 8 cellules ATM ($N = 2$).

Un paquet de flux de transport véhiculant une PCR doit être le dernier paquet de flux de transport dans l'UDS-AAL. Quand un paquet comportant une PCR doit être envoyé comme le seul paquet dans une UDS-AAL, 44 octets de remplissage sont nécessaires pour faire correspondre ce paquet à 5 cellules ATM.

7 Exemple de systèmes de radiodiffusion numérique multiprogramme par satellite

Plusieurs systèmes sont en projet ou ont été réalisés: les lignes qui suivent décrivent brièvement trois de ces systèmes. Des renseignements sur l'expérience de la Région 2 sont fournis à l'Annexe 2.

7.1 Radiodiffusion vidéonumérique par satellite du Système A (DVB-S)

Un Protocole d'accord sur le développement de services harmonisés de radiodiffusion vidéonumérique (RVN) en Europe a été signé par plus de 200 entités, notamment des fabricants d'équipement, des radiodiffuseurs, des exploitants de réseau et des administrations (Doc. 10-11S/14).

Le projet RVN a débouché sur une proposition de système commun pour les émissions par satellite dans la bande de fréquences 11/12 GHz (système connu sous le nom de DVB-S), qui a été normalisé à l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI) et a été utilisé par le Groupe de travail 10-11S des radiocommunications dans la Recommandation UIT-R BO.1211.

Comme on peut le voir au Tableau 3, le système européen de télévision multiprogramme utilise un algorithme de codage de l'image et du son «de profil principal au niveau principal» et une structure de multiplexage de transport MPEG-2. Un système CED avec concaténation de Reed-Solomon et un codage convolutif associé à un décodage de Viterbi à décision douce donnent une bonne robustesse RF en présence de bruit et de brouillage. Cinq débits de codage compris entre 1/2 et 7/8 offrent différents compromis entre le rendement spectral et la puissance utilisée; ces débits peuvent être sélectionnés par l'opérateur (voir le Doc. 1011S/34). Un filtrage en cosinus carré surélevé est utilisé, ainsi qu'une modulation MDP-4 et une détection cohérente. L'opérateur peut choisir le débit de symboles du système à l'émission afin d'utiliser au mieux la largeur de bande du répéteur de satellite (Document 10-11S/14).

Se reporter à l'Annexe 1 pour les paramètres pertinents du système.

7.2 Système B (DSS)

Le Système B a été mis en œuvre la première fois en 1994 et était le premier système DTH du service de radiodiffusion par satellite (SRS) pour les États-Unis d'Amérique. En 1996, le Système B a été mis en œuvre dans plusieurs autres pays de la Région 2, en utilisant les fréquences du service fixe par satellite (SFS).

Le Système B utilise des émissions par satellite dans la gamme de fréquences 11/12 GHz et est adapté pour utilisation avec répéteur de 24 MHz.

Comme l'indique le Tableau 3, le Système B utilise la syntaxe vidéo du profil principal au niveau principal MPEG-2, la syntaxe audio de la couche II MPEG-1 et la spécification de transport du Système B.

Se reporter à l'Annexe 1 pour les paramètres pertinents du système.

7.3 Système C (GI-MPEG-2)

Le Système C est un système de télévision DTH qui est maintenant largement utilisé aux États-Unis d'Amérique. Le système comporte des services multiples de télévision (et de radio) numérique dans le format de multiplexage par répartition dans le temps MRT. Le Système C a évolué à partir du premier système numérique par satellite mis en œuvre aux États-Unis d'Amérique, qui était utilisé à l'origine pour des applications commerciales.

Ce système comprend le contrôle d'accès renouvelable, la télévision à la carte par impulsion et des services de données. Des canaux virtuels simplifient la navigation du téléspectateur et lui permettent de «surfer» entre les canaux.

Se reporter à l'Annexe 1 pour les paramètres pertinents du système.

7.4 Radiodiffusion numérique à intégration des services (RDNIS)

Un système RDNIS comportant une fonction de diffusion multiprogramme TV est à l'étude depuis 1991. Le Rapport UIT-R BO.1227 en donne une description.

Le système de multiplexage de transport peut dépendre du moyen d'émission (par satellite, de Terre, par câble), les canaux ayant des caractéristiques de transmission propres. Il est cependant utile de faire en sorte que les systèmes de codage présentent, dans la mesure du possible, un maximum de caractéristiques communes.

Un système de transport avec synchronisation implicite et entrelacement convolutif peut donner de bons résultats en mode de transmission non hiérarchisée. En revanche, un système de transport basé sur une structure en sous-trame, une synchronisation supplémentaire et un entrelacement des blocs peut être préférable en mode de transmission hiérarchisée ou lorsqu'on cherche à avoir des caractéristiques communes avec d'autres systèmes à hiérarchie. La méthode de structure en sous-trame et entrelacement des blocs devrait être introduite à l'avenir comme structure de multiplexage de transport.

Jusqu'ici, les études théoriques et les essais de matériel ont porté sur la comparaison des méthodes de modulation, les rapports de protection des services numériques contre le brouillage dû aux services analogiques et la protection des services numériques contre le brouillage dû à d'autres services numériques, les relations entre débits binaires, les seuils de rapport C/N , etc. Diverses questions techniques – utilisation des informations propres au programme (PSI) dans les systèmes MPEG-2, techniques de modulation MDP-8, nouveaux systèmes de correction d'erreur, modulation codée, transmission hiérarchisée, planification des canaux, services multimédia, etc. – ont également été étudiées.

Le Tableau 2 donne un exemple de paramètres de système dans le cas d'un système expérimental de transmission à 40 Mbit/s.

La technologie RDNIS offre certains avantages, notamment la souplesse, la capacité d'expansion, l'interopérabilité avec d'autres supports. Certaines caractéristiques RDNIS ont été intégrées dans les systèmes MPEG-2 (MPEG-2, Partie 1, multiplexage). Un système de multiplexage statistique a déjà été développé et exposé lors de la manifestation Portes ouvertes de la NHK et de l'Assemblée générale de l'Union de radiodiffusion Asie-Pacifique à Kyoto en septembre 1994.

8 Faisabilité d'exigences communes de fonctionnement relatives à la réception d'émissions de télévision numérique multiprogramme par satellite

La Recommandation UIT-R BO.1294 «Caractéristiques fonctionnelles communes à respecter pour la réception d'émissions de télévision numérique multiprogramme par des satellites dans la gamme de fréquences 11/12 GHz», a été produite dans le but de promouvoir des récepteurs universels pouvant décoder des signaux provenant de systèmes différents, dans les régions où plusieurs systèmes coexistent ou peuvent coexister.

Une analyse de faisabilité a été faite afin de comprendre et d'évaluer la complexité et les implications de coûts de l'IRD possible, pour atteindre des conclusions claires. L'Annexe 1 donne de plus amples détails.

TABLEAU 2

Caractéristiques du système expérimental à 40 Mbit/s

Système de modulation	MDP-4 (détection absolue par code de trame synchrone)
Débit de symboles à l'émission	20,48 MBd (40,96 Mbit/s)
Débit binaire à l'émission	31,1 Mbit/s
Facteur de décroissance en cosinus carré surélevé	0,4 (réparti également entre émetteur et récepteur)
Code de correction d'erreur	Code cyclique à ensemble différence raccourci (SDSC) (1016,772)
Durée de trame	1 ms
Structure de trame	Bloc de 20 paquets
Taille de paquet	188 octets
Synchronisation de trame	20 octets, indépendamment du codage de correction d'erreur
Entrelacement	Entrelacement de blocs
Codage de l'image	MPEG-2, Partie 2
Codage du son	MPEG-2, Partie 3
Multiplexage	MPEG-2, Partie 1
Rapports de protection	Correspondent aux critères de la CAMR SAT-77
Disponibilité de service	99,9 % du mois le plus défavorable (comme pour le service analogique classique avec des antennes de réception de 45 cm – sous réserve des conditions de brouillage)

9 Liste de sigles

AD	Données auxiliaires (<i>auxiliary data</i>)
ATM	Mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
ATSC	Advanced television systems committee
CA	Accès conditionnel (<i>conditional access</i>)
CED	Correction d'erreur directe
DRAM	RAM dynamique (<i>dynamic RAM</i>)
DVB	Radiodiffusion vidéonumérique (<i>digital video broadcasting</i>)
DVB-S	DVB par satellite (<i>DVB-satellite</i>)
ETS	Norme européenne de télécommunication (<i>European Telecommunication Standard</i>)
IRD	Récepteur-décodeur intégré (<i>integral receiver-decoder</i>)
MAQ	Modulation d'amplitude en quadrature
MDP-4	Modulation par quadrature de phase
MPEG	Moving Pictures Experts Group
MPEG-2 TS	Flux de transport MPEG-2 (<i>MPEG-2 transport stream</i>)
PCMCIA	Expression utilisée pour décrire une interface commune à vitesse élevée
PID	Identification de programme (<i>program identification</i>)
PRBS	Séquence binaire pseudo-aléatoire (<i>pseudo random binary sequence</i>)
RAM	Mémoire vive (<i>random access memory</i>)
ROM	Mémoire morte (<i>read only memory</i>)
RS	Reed-Solomon
SCID	Identification de canal de service (<i>service channel identification</i>)
SCTE	Society of Cable and Telecommunication Engineers

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COMINETTI, M., MORELLO, A. et VISINTIN, M. [Été 1993] – TV/HDTV numériques multiprogrammes par satellite. *Rev. Tec. de l'UER*, 256.

ANNEXE 1

Faisabilité d'exigences communes de fonctionnement pour la réception d'émissions de télévision multiprogramme par satellite

Architecture et estimations de coûts

(Texte préparé par le Groupe du Rapporteur spécial pour l'élaboration par convergence d'une norme universelle de télévision numérique.

Source: Document 10-11S/87)

Page

1	Introduction	9
2	Modèle de référence générique visant les exigences communes de fonctionnement d'un IRD de satellite ...	10
3	Éléments universels d'un IRD de satellite.....	12
3.1	Démodulation et décodage	13
3.2	Transport et démultiplexage.....	14
3.3	Décodage des sources vidéo, audio et données	15
3.3.1	Vidéo	15
3.3.2	Audio.....	15
3.3.3	Données	15
4	Estimations de coûts	15
4.1	Évaluation du coût des puces	15
4.2	Évaluation du coût total de l'IRD	16
4.2.1	Configuration A - IRD à norme unique doté d'éléments universels.....	16
4.2.2	Configuration B - IRD universel multinorme.....	17
5	Conclusions	18
	Bibliographie	19
	Appendice 1 – Résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite ..	19
	Appendice 2 – Liste des sociétés contactées (principalement fabricants de puces et d'IRD)	23
	Appendice 3 – Répartition des coûts d'un IRD typique	24
	Remerciements.....	24

1 Introduction

Par suite des décisions prises à la réunion du GTM 10-11S de l'UIT-R qui s'est tenue à Rome en septembre 1995, un Rapporteur spécial a été nommé, dans le but de promouvoir l'élaboration par convergence d'une norme universelle relative aux systèmes numériques d'émission multiprogramme de télévision, son et données pour des satellites exploités dans la gamme de fréquences 11/12 GHz.

Le GTM 10-11/S l'a chargé particulièrement d'effectuer les tâches suivantes:

- analyser les éléments communs des systèmes existants,
- définir et décrire les fonctions d'un modèle de système générique,
- identifier les processus et l'ensemble minimal de paramètres des divers sous-systèmes,
- définir les interfaces internes entre les modules du système générique et les interfaces externes du système.

La présente Annexe analyse la faisabilité d'un IRD universel pour la réception de la télévision multiprogramme par satellite. Les exigences communes de fonctionnement (IRD universel) sont conçues de manière à permettre la réception de signaux de TV numérique par satellite provenant des principaux systèmes utilisés dans le monde: DVB-S, DSS et GI-MPEG-2. Des administrations ont présenté ces systèmes à l'UIT-R pour fins de recommandation éventuelle par l'UIT.

La présente contribution donne un modèle de référence générique pour les exigences communes de fonctionnement d'un IRD universel de satellite, dans le but d'analyser les implications architecturales liées à un récepteur multinorme, ainsi que les estimations du coût possible d'un IRD universel par rapport à un IRD préparé pour la réception de signaux correspondant à un système unique.

Le § 2 donne le modèle de référence générique pour les exigences communes de fonctionnement d'un IRD universel de satellite, ainsi qu'une référence aux couches de protocole d'un IRD typique. Le § 3 analyse les éléments universels des fonctions centrales de l'IRD, en soulignant la plus grande complexité de la mise en œuvre du dispositif universel par rapport à un dispositif correspondant à un seul système. Le § 4 présente des estimations de coûts de l'IRD universel, comme facteur relatif en ce qui concerne la DVB-S, en considérant deux configurations possibles pour la coexistence de plusieurs systèmes:

- Configuration A – IRD à norme unique doté d'éléments universels
- Configuration B – IRD universel multinorme.

Finalement, le § 5 présente les principales conclusions. Des renseignements supplémentaires sont donnés dans les appendices: résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite, liste des sociétés contactées et répartition des coûts d'un IRD typique.

La présente Annexe a été prise comme document de référence pour la production de la Recommandation UIT-R BO.1294 sur les caractéristiques fonctionnelles communes à respecter pour la réception d'émissions de télévision numérique multiprogramme par des satellites dans la gamme de fréquences 11/12 GHz.

2 Modèle de référence générique visant les caractéristiques fonctionnelles communes d'un IRD de satellite

On a produit un modèle de référence générique visant les caractéristiques fonctionnelles communes d'un IRD de satellite afin d'analyser la faisabilité des éléments universels d'un IRD de satellite en déterminant dans quelle mesure le modèle de référence générique s'applique aux trois systèmes actuellement utilisés.

Ce modèle générique se rapporte à un IRD de type domestique et ne vise pas à spécifier les fonctions exigées des IRD de type professionnel.

Le modèle de référence générique repose sur les fonctions requises pour toutes les couches d'un protocole d'IRD typique. À titre de référence, la Fig. 2 présente un protocole d'IRD typique, constitué des couches suivantes:

- les *couches Physique et Liaison* visent les fonctions d'entrée typiques: syntonisation, démodulation MDP-4, décodage convolutif, désentrelacement, décodage Reed-Solomon (RS) et suppression de dispersion d'énergie;
- la *couche Transport* est chargée de démultiplexer les différents programmes et éléments ainsi que de défaire les paquets d'information (vidéo, audio et données);
- les fonctions d'*accès conditionnel* qui régissent le fonctionnement des décodeurs externes (interface commune d'accès conditionnel en option);
- les fonctions des *services réseau* assurent le décodage vidéo et audio ainsi que la gestion des fonctions de guide électronique sur les programmes (EPG, *electronic program guide*), de l'information sur les services et, en option, du décodage des données;
- la *couche Présentation* est notamment responsable de l'interface utilisateur, du fonctionnement de la télécommande, etc.;
- les *services client* portent sur les différentes applications vidéo, audio et données.

Le modèle de référence générique visant l'IRD de satellite (voir la Fig. 3) se fonde sur les couches de protocole.

Deux types de fonctions sont indiquées dans le modèle de référence générique: les fonctions centrales de l'IRD et d'autres fonctions essentielles supplémentaires.

- *Les fonctions centrales de l'IRD* regroupent les fonctions clés de l'IRD qui définissent le système de télévision numérique. Les fonctions centrales de l'IRD comprennent:
 - la démodulation et le décodage,
 - le transport et le démultiplexage,
 - le décodage des sources vidéo, audio et données.

- Les *fonctions essentielles supplémentaires* sont nécessaires à la bonne marche du système ainsi qu'à l'incorporation de caractéristiques additionnelles et/ou complémentaires. Ces fonctions sont étroitement liées à la prestation des services. Les fonctions et blocs ci-dessous peuvent être considérés comme des fonctions essentielles supplémentaires et permettent de différencier les IRD les uns des autres:
 - syntonisateur de satellite,
 - interfaces de sortie,
 - système d'exploitation et applications,
 - EPG,
 - information sur les services/systèmes (SI, *service/system information*)
 - CA (accès conditionnel, *conditional access*)
 - affichage, télécommande et différentes commandes,
 - ROM, RAM et mémoire FLASH,
 - module interactif,
 - microcontrôleur,
 - autres fonctions comme télétexte, sous-titrage, etc.

FIGURE 2
Couches de protocole d'IRD typique

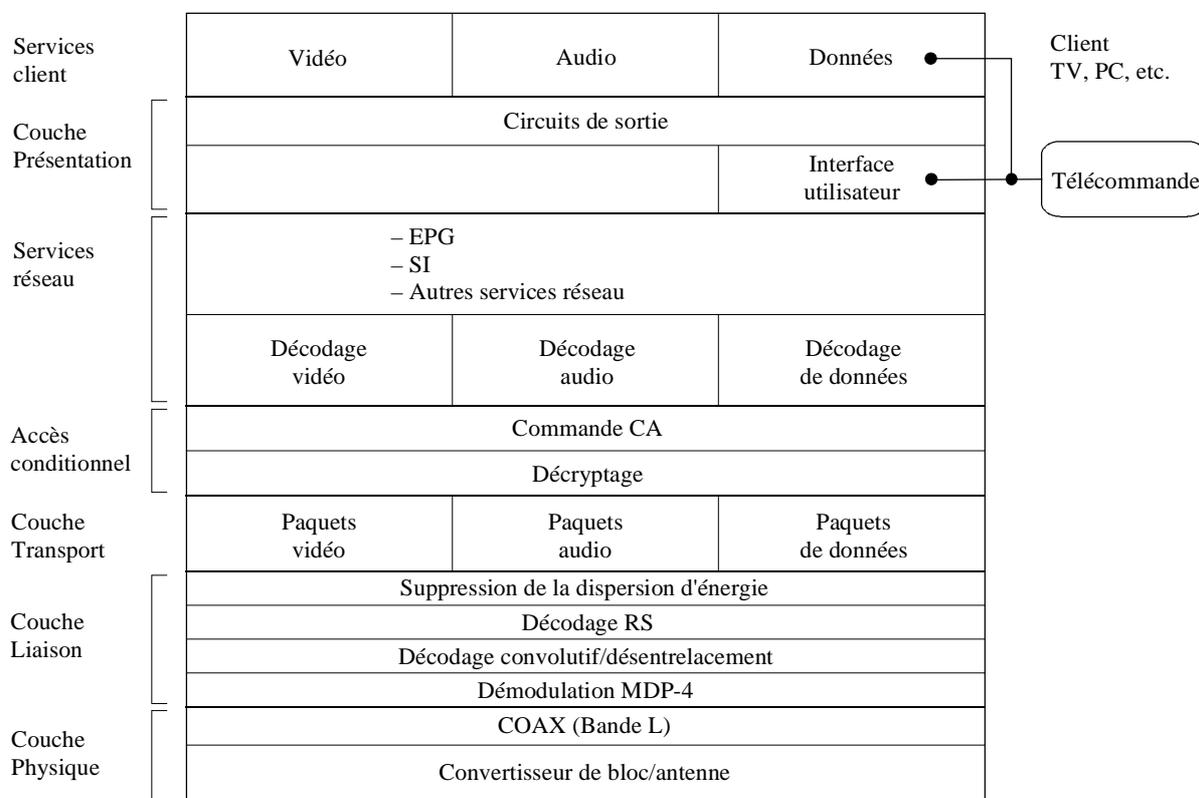
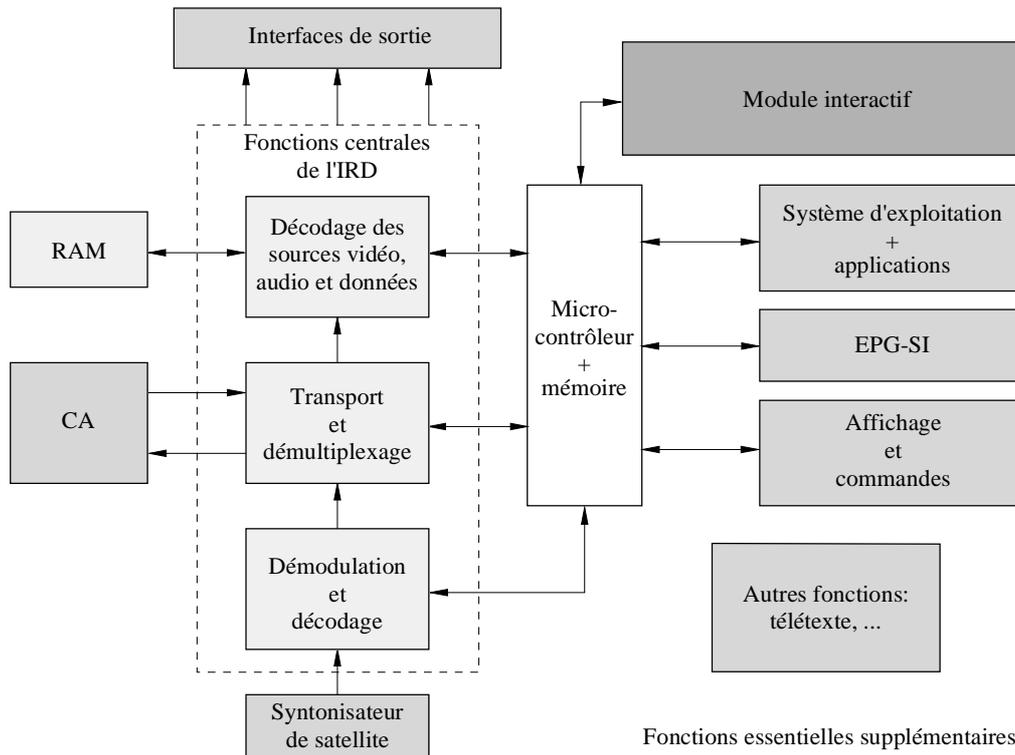


FIGURE 3

Modèle de référence générique pour un IRD de satellite



Rap 2008-03

3 Éléments universels d'un IRD de satellite

Une analyse des fonctions centrales et essentielles, de leurs éléments communs et de leurs particularités, ainsi que des implications de coûts des trois systèmes a conclu qu'il est possible de définir les éléments universels d'un IRD de satellite.

Les éléments universels d'un IRD de satellite assurent les fonctions suivantes:

- la démodulation et le décodage,
- le transport et le démultiplexage,
- le décodage des sources vidéo, audio et données.

On comprend que la définition des fonctions essentielles supplémentaires déborde le cadre de la Recommandation UIT-R BO.1294, car ces fonctions sont propres à chaque service et très proches de la mise en œuvre spécifique de chaque fabricant, sous réserve d'un certain nombre de conditions externes et de service. Par conséquent, la diversité possible des fonctions essentielles supplémentaires parmi les IRD de satellite n'a aucune incidence sur les éléments universels.

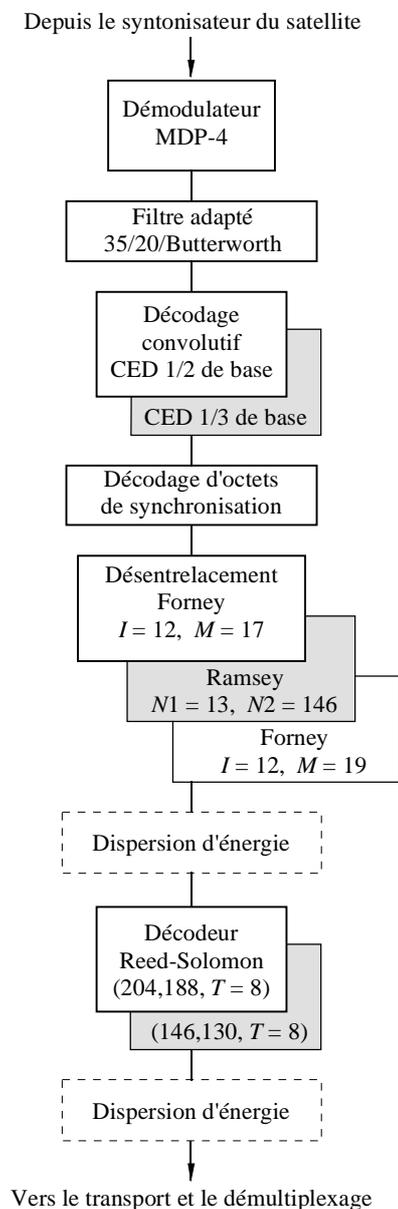
Bien que pour l'analyse de faisabilité de l'IRD universel, les fonctions soient réparties comme il a été mentionné plus haut, il convient de noter que, du point de vue de la mise en œuvre des circuits électroniques, les fabricants produisent habituellement des blocs intégrés de la manière suivante:

- *Étage d'entrée de satellite*, y compris les fonctions de syntonisation de satellite, de démodulation et de décodage.
- *Traitement en bande de base*, y compris les fonctions de transport, de démultiplexage, de décodage de source (vidéo/audio/données), le microprocesseur, la DRAM nécessaire pour le démultiplexage et la mémoire FLASH requise pour stocker les mises à niveau du logiciel résident et/ou du logiciel éloigné.

3.1 Démodulation et décodage

La Fig. 4 illustre le schéma fonctionnel de la démodulation et du décodage correspondant aux éléments universels d'un IRD de satellite. Les blocs qui se chevauchent partiellement représentent les fonctions dont des éléments sont communs aux trois systèmes, malgré des caractéristiques différentes. Les blocs en pointillé représentent des fonctions non utilisées par l'ensemble des trois systèmes.

FIGURE 4
Schéma fonctionnel de la démodulation et du décodage du canal

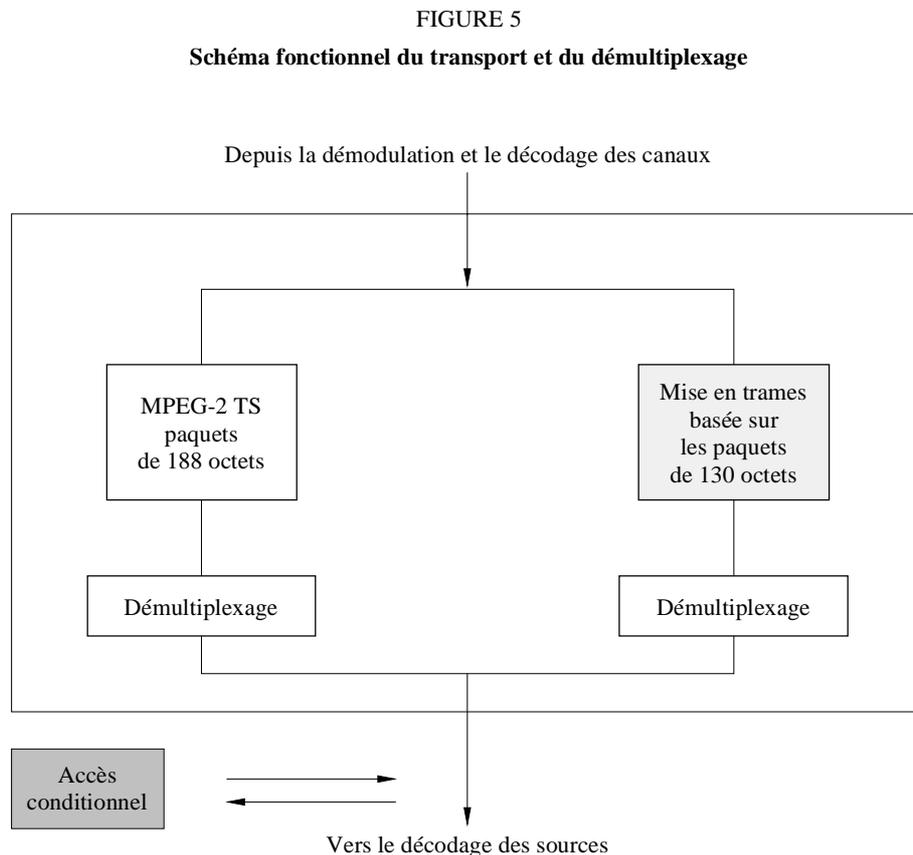


Il convient de souligner les aspects suivants:

- Le filtre adapté devrait pouvoir mettre en œuvre les caractéristiques de décroissance suivantes: 0,35/0,20/filtres de Butterworth. Il ne s'ensuit pas un surcroît notable de complexité pour l'IRD, par rapport à une caractéristique de décroissance unique.
- Le décodage convolutif devrait se fonder sur un CED de base 1/2 ainsi que 1/3. Cela entraîne un faible surcroît de complexité, par rapport à une approche de CED unique de base, à condition que le polynôme générateur utilisé soit le même dans les trois systèmes.
- L'entrelacement devrait être mis en œuvre selon une approche de Forney avec $I = 12$ et $M = 17$ et 19, ainsi que selon une approche de Ramsey, avec $N1 = 13$ et $N2 = 146$. Cela peut occasionner une faible surcroît de complexité par rapport à un entrelacement unique.
- La dispersion d'énergie devrait être mise en œuvre deux fois et être appliquée soit avant ou après le décodeur RS, et avec un polynôme différent. Cela ne suppose qu'un impact négligeable sur la complexité.
- Le décodeur RS devrait être mis en œuvre avec les paramètres (204,188, $T = 8$) ainsi que (146,130, $T = 8$). Cela implique un surcroît négligeable de complexité.

3.2 Transport et démultiplexage

La Fig. 5 présente le schéma fonctionnel des fonctions de transport et démultiplexage visant l'IRD de satellite.



Rap 2008-05

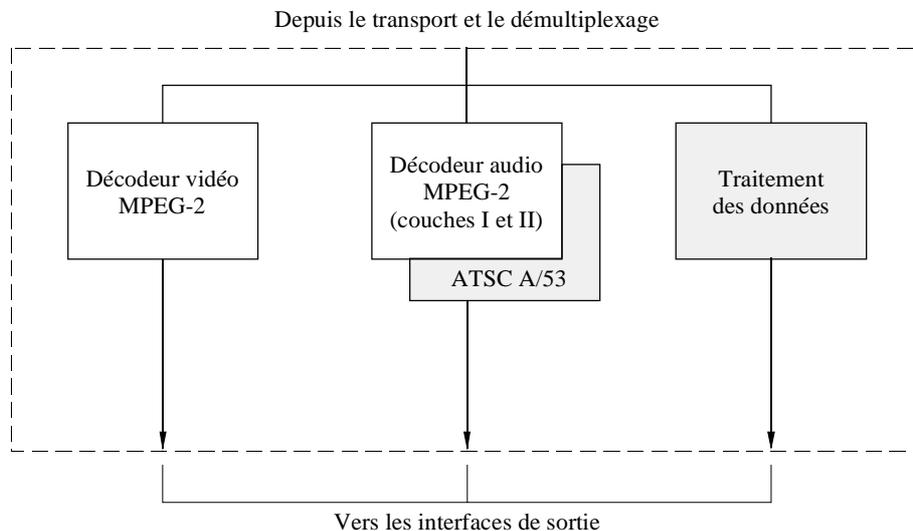
Le système pourra recevoir et démultiplexer les paquets après le multiplexeur de transport MPEG-2 (voir la Norme ISO/CEI 13818-1) mis en œuvre dans les systèmes DVB-S et GI-MPEG-2, ainsi que les caractéristiques spécifiques du flux de transport du système DSS.

La principale question que soulève une méthode universelle de transport et de démultiplexage est la gestion de paquets de différentes tailles dans la mise en trame, ce qui ne représente pas une modification très complexe en ce qui concerne la mise en paquets de taille unique, puisque cette opération est habituellement programmée par micrologiciel sur les puces.

3.3 Décodage des sources vidéo, audio et données

La Fig. 6 présente le schéma fonctionnel du décodage des sources vidéo, audio et données pour l'IRD de satellite.

FIGURE 6
Schéma fonctionnel du décodage des sources



Rap 2008-06

3.3.1 Vidéo

Cet élément universel d'un IRD de satellite décodera les signaux vidéo MPEG-2 qui ont été codés selon les spécifications de la Norme ISO/CEI 13818-2.

3.3.2 Audio

Cet élément universel d'un IRD de satellite décodera les signaux audio suivant les formats des couches I et II MPEG-2 (Norme ISO/CEI 13818-3) et ATSC-A/53, Annexe B. Il convient de noter que le décodeur audio du système DSS (MPEG-1, couche II) est déjà mis en œuvre dans le décodeur audio MPEG-2, car ce dernier est compatible avec la norme MPEG-1.

3.3.3 Données

Ce bloc porte sur les fonctions de traitement des données associées au multiplex de transport. Il déborde le cadre de la Recommandation UIT-R BO.1294.

4 Estimations de coûts

Les estimations de coûts se fondent sur le modèle de référence fonctionnel de l'IRD universel. Pour évaluer les coûts, on a pris en considération un modèle simplifié rappelant l'approche des blocs intégrés que suivent les fabricants.

Les paragraphes qui suivent présentent les estimations de coûts en se fondant sur d'intensives consultations auprès des fabricants.

4.1 Évaluation du coût des puces

Les consultations auprès des fabricants ont donné des estimations sur l'augmentation de complexité que nécessite la solution universelle pour chacune des fonctions centrales, par rapport à la mise en œuvre correspondant à un système unique (la DVB a été prise comme référence). La plupart des fabricants indiquent que répondre aux trois possibilités n'a qu'un impact mineur sur le coût final des puces, en ce qui concerne les fonctions centrales de l'IRD. Bien qu'il soit indiqué que l'augmentation du coût des puces correspondant à l'incorporation des fonctions DSS dans les puces se fondant sur la DVB pourrait être légèrement supérieure à l'augmentation correspondant à l'incorporation des fonctions GI-MPEG-2, on estime que l'inclusion des éléments universels entraîne en moyenne une augmentation de 7% ou 22%, par rapport à l'ensemble, selon la configuration prise en considération: soit un IRD à norme unique avec éléments universels ou un IRD universel multinorme. Ces coûts pourraient être réduits selon l'économie d'échelle atteinte.

Il convient de noter les préoccupations que plusieurs fabricants ont exprimées en ce qui concerne les questions d'attribution de licence. Cet aspect introduit une incertitude supplémentaire quant aux coûts, qu'il est difficile d'évaluer dans la présente Annexe.

4.2 Évaluation du coût total de l'IRD

Le présent paragraphe fournit, à titre de référence, des estimations approximatives coût/complexité de plusieurs fonctions de l'IRD DVB-S comme facteur de l'ensemble, ce dernier étant considéré comme valant 100%. Il faut noter que la répartition des coûts est influencée par un certain nombre de facteurs et que les valeurs précises diffèrent considérablement, selon des conditions telles que les volumes de production, le type des fonctions essentielles supplémentaires mises en œuvre (comme l'accès conditionnel, le guide électronique sur les programmes, le logiciel d'application), etc.

Les estimations approximatives concernant l'IRD DVB-S sont les suivantes:

– Étage d'entrée de satellite, y compris syntonisation/démodulation/décodage	15%
– Traitement DVB en bande de base, y compris transport/démultiplexage/décodage vidéo/audio/données DVB/microprocesseur/DRAM/mémoire FLASH	25%
– Fonctions opérationnelles et divers	60%
– <i>Coût total de l'IRD DVB</i>	<i>100%</i>

Aux fins de référence, des estimations détaillées de répartition des coûts typiques sont données à l'Appendice 3.

Il est à noter que les estimations de coûts concernant tout IRD à système unique, qu'il s'agisse de la DVB, de la DSS ou du système GI-MPEG-2, peuvent être assimilées à l'estimation approximative concernant l'IRD DVB-S.

À partir des contributions des fabricants, ainsi que des discussions tenues à l'intérieur du Groupe du Rapporteur spécial pour l'établissement par convergence d'une norme universelle concernant la télévision numérique par satellite, deux configurations d'IRD ont été définies: IRD avec éléments universels et IRD universel, pour les cas où plusieurs systèmes coexistent:

- *Configuration A – IRD à norme unique doté d'éléments universels.* On favorise un ensemble de puces se fondant sur des éléments universels, afin d'obtenir le plus d'économies d'échelle possible. Toutefois, l'IRD fabriqué avec ces puces ne peut recevoir que les émissions d'un seul système. Le coût initial de l'IRD conçu pour un seul système, mais doté d'éléments universels, a été évalué comme correspondant à un surcroît de complexité de 7%; cependant, ce coût pourrait être réduit grâce aux économies d'échelle possibles. Certains fabricants sont d'avis que l'augmentation de coût pourrait ne pas exister pour les éléments universels, mais qu'au contraire il pourrait y avoir une réduction des coûts due au volume de production des puces.
- *Configuration B – IRD universel multinorme.* Il s'agirait d'un ensemble IRD mis en œuvre avec les fonctions essentielles supplémentaires permettant de recevoir les émissions de plusieurs systèmes. Le coût du matériel pour la production d'un IRD entièrement universel a été évalué comme représentant un surcroît de complexité d'environ 16 à 25% par rapport à un IRD GI. Aux fins de référence, on a pris une moyenne de 22%. Cette configuration pourrait être applicable dans les zones géographiques où plusieurs systèmes numériques de télévision coexistent ou pourraient coexister.

Il est entendu que dans les zones géographiques ou dans les marchés où des économies d'échelle suffisantes sont obtenues, aucune de ces configurations d'IRD ne s'applique et qu'on favorise au contraire un IRD à système unique.

4.2.1 Configuration A – IRD à norme unique doté d'éléments universels

Une estimation de coûts semblable, plutôt prudente, a été faite pour un IRD à norme unique doté d'éléments universels, en considérant les facteurs relatifs au coût global et en prenant comme référence 100% le coût de l'IRD à norme unique (référence IRD du système DVB-S).

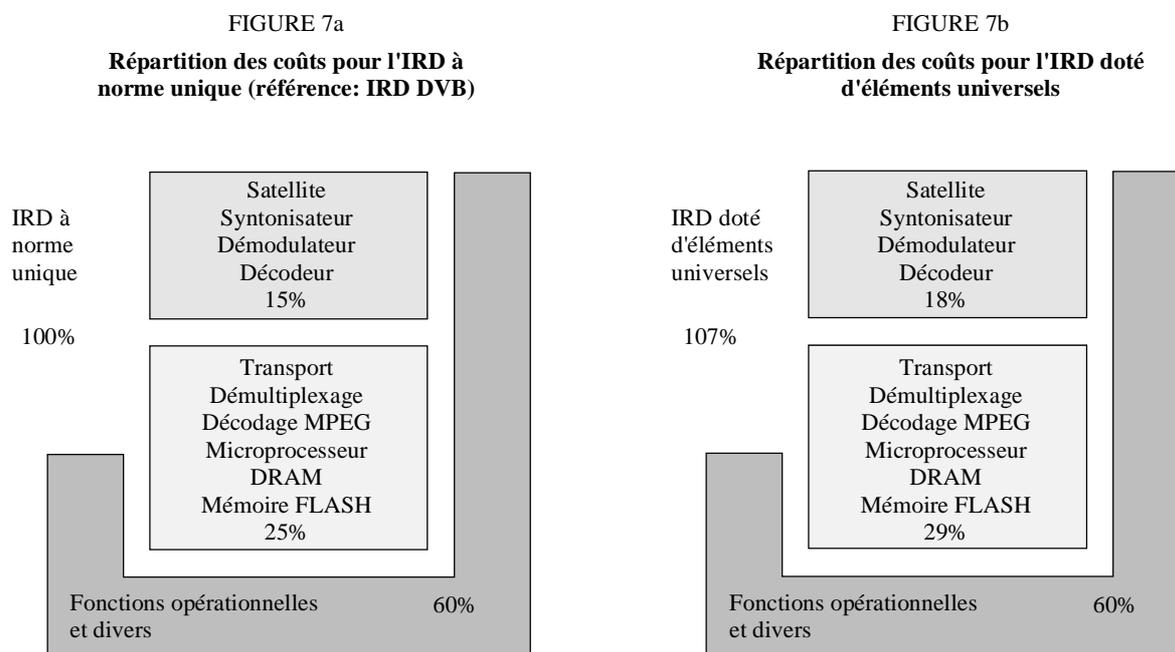
Les estimations approximatives pour l'IRD à norme unique doté d'éléments universels sont les suivantes:

-	Étage d'entrée de satellite, y compris syntonisateur/démodulateur universel/décodeur	18%
-	Traitement universel en bande de base, y compris transport/démultiplexage/décodage vidéo/audio/données DVB/microprocesseur/DRAM/mémoire FLASH	29%
-	Fonctions opérationnelles et divers	60%
-	<i>Coût total de l'IRD doté d'éléments universels</i>	<i>107%</i>

Si l'on ajoute tous les facteurs, le coût total d'un IRD à norme unique doté d'éléments universels pourrait être évalué comme un facteur de 1,07 par rapport à un IRD à norme unique (référence IRD du système DVB-S).

On peut conclure des chiffres présentés précédemment que, même si le coût des fonctionnalités centrales de l'IRD universel pourrait représenter une augmentation appréciable par rapport au coût nécessaire pour la technique DVB-S, l'impact sur le coût final de l'IRD complet serait très faible, étant donné le coût relativement élevé de mise en œuvre des fonctions essentielles supplémentaires.

La Fig. 7 donne un résumé de la répartition des coûts, tant pour l'IRD à norme unique que pour l'IRD à norme unique doté d'éléments universels, ces coûts étant calculés relativement aux coûts du premier (IRD du système DVB).



Rap 2008-07

Comme référence très générique, le prix de détail d'un IRD deux ans après sa mise en marché pourrait être d'environ 500 \$ E.U.. Le coût dépend principalement des volumes et d'autres conditions très variables du marché. On peut supposer que le coût de production représenterait environ 300 \$ E.U..

4.2.2 Configuration B – IRD universel multinorme

Des estimations de coûts sont également données pour l'IRD multinorme, aussi appelé IRD universel, préparé pour recevoir les émissions de n'importe lequel des trois types de système de télévision numérique par satellite.

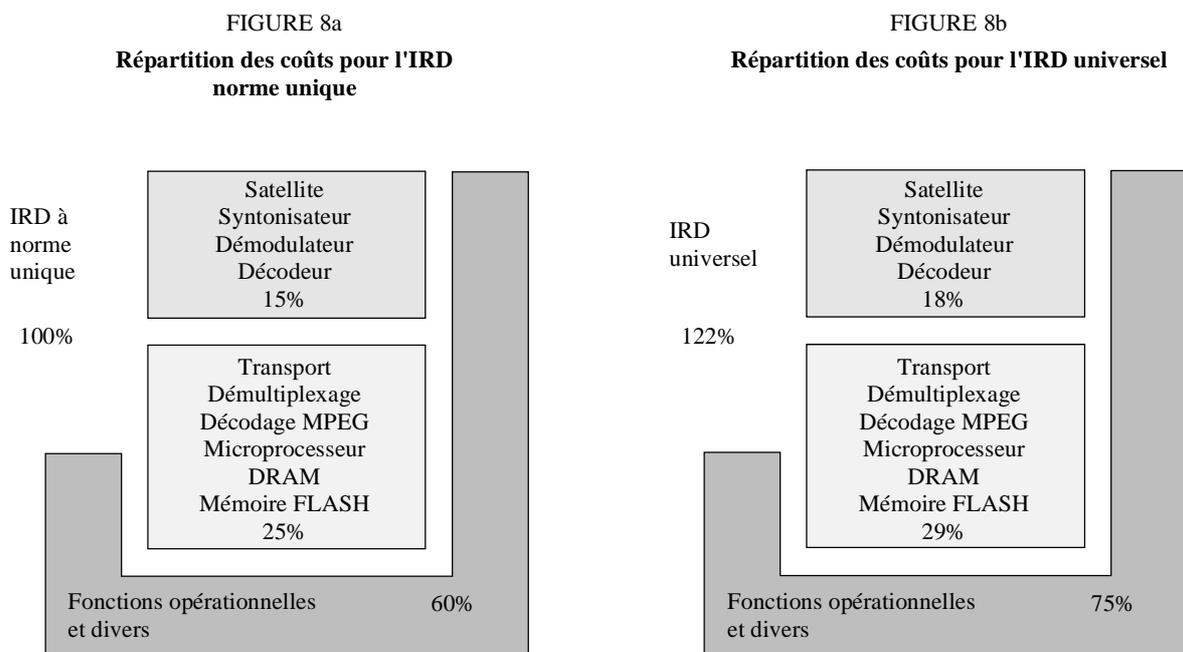
Les estimations approximatives concernant l'*IRD universel* sont les suivantes:

– Étage d'entrée de satellite, y compris syntonisateur/démodulateur universel/décodeur	18%
– Traitement universel en bande de base, y compris transport/démultiplexage/décodage vidéo/audio/données DVB/microprocesseur/DRAM/mémoire FLASH	29%
– Fonctions opérationnelles et divers	75%
– <i>Coût total de l'IRD universel</i>	<i>122%</i>

En ajoutant tous les facteurs, on peut estimer que le coût total d'un IRD universel correspond à un facteur de 1,22 par rapport à l'IRD du système DVB. Il s'agit d'une estimation très approximative qui dépend d'un certain nombre de facteurs comme les volumes, les capacités de logiciel et de matériel, et les licences.

Comme l'analyse précédente l'indique, le coût de l'IRD universel pour l'utilisateur final est toujours inférieur à l'addition du coût de trois IRD distincts pour la réception des émissions de chacun des systèmes de TV numérique dans les zones où ces systèmes coexistent et où l'utilisateur désire recevoir les signaux de plus d'un système.

La Fig. 8 présente un résumé de la répartition des coûts, tant pour l'IRD à norme unique que pour l'IRD universel, par rapport aux coûts relatifs du premier.



5 Conclusions

On peut tirer les conclusions qui suivent de l'analyse présentée ci-dessus, conclusions appuyées par des consultations auprès des fabricants de puces et d'IRD.

- On a démontré la faisabilité de la convergence des trois principaux systèmes de télévision numérique dans le monde: DVB-S, DSS et GI-MPEG-2 vers un concept d'IRD universel, en se fondant sur une évaluation technique en vue du développement fiable d'un tel récepteur pouvant recevoir les signaux des trois systèmes. Cette conclusion peut s'avérer un outil très précieux lors de la planification des services pour les régions ou les marchés où plusieurs systèmes coexistent.
- L'architecture fonctionnelle a été présentée dans la présente Annexe. Les fonctions centrales de l'IRD ont été distinguées des fonctions essentielles supplémentaires. Le concept d'un IRD universel est appuyé par la fourniture d'éléments universels souples d'IRD plutôt que par des fonctions essentielles supplémentaires homogènes. Les fonctions essentielles supplémentaires feront la différence entre un IRD et un autre, car elles seront adaptées aux exigences particulières ou aux contraintes commerciales de chaque système.
- Le coût supplémentaire relatif à l'IRD universel par rapport à un IRD construit pour recevoir les émissions d'un seul système est négligeable, et il est masqué par le coût total de l'IRD. Comme on l'a montré, le coût dominant de l'IRD est attribué aux fonctions essentielles supplémentaires.
- Deux configurations ont été proposées: l'IRD universel et l'IRD doté d'éléments universels. L'applicabilité de ces configurations est renforcée par les économies d'échelle attendues en ce qui concerne les éléments universels et l'utilisation d'un IRD universel multinorme dans les régions où divers systèmes de télévision numérique par satellite coexistent ou peuvent coexister.
- Par conséquent, l'idée de développer un nouveau projet de Recommandation de l'UIT portant sur un IRD universel ou sur les exigences communes de fonctionnement des éléments universels permettant de recevoir les signaux se fondant sur les systèmes DVB-S, DSS et GI-MPEG-2 est réaliste. **Il est recommandé de produire un tel nouveau projet de Recommandation qui permettra au monde de bénéficier d'un concept universel pour la réception des émissions de télévision numérique multiprogramme par satellite.**

BIBLIOGRAPHIE

Textes de l'UIT

Doc. 10-11S/85 – Report to 10-11S, 4 octobre 1996 (Special Rapporteur on Convergence to a Worldwide Standard for Digital multiprogramme Emissions by Satellite).

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

Résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite

Le Tableau 3 fournit de l'information sur les paramètres pertinents qui caractérisent les systèmes en utilisation dans le monde. Il indique les fonctions centrales ainsi que des fonctions essentielles supplémentaires.

TABLEAU 3

Résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite

<i>Démodulation et décodage canal</i>			
Fonction	Système A	Système B	Système C
Randomisation pour la dispersion d'énergie	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	Aucune	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ tronqué pour une période de 4 894 octets
Randomisation synchrone	Oui	Sans objet	Oui
Séquence de chargement dans le registre PRBS	100101010000000	Sans objet	0001 _h
Lieu de l'application de dérandomisation dans l'IRD	Après le décodeur Reed-Solomon	Sans objet	Avant le décodeur Reed-Solomon
Code externe Reed-Solomon	(204,188, $T = 8$)	(146,130, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)
Générateur Reed-Solomon	(255,239, $T = 8$)		
Polynôme générateur de code Reed-Solomon	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ où $\alpha = 02_h$		$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$ où $\alpha = 02_h$
Polynôme générateur de champ Reed-Solomon	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$		
Entrelacement	Convolutif $I = 12, M = 17$ (Forney)	Convolutif $N1 = 13, N2 = 146$ (Ramsey II)	Convolutif $I = 12, M = 19$ (Forney)
Codage interne	Convolutif		
Longueur de contrainte du code	$K = 7$		
Code de base	1/2		1/3
Polynôme générateur	171, 133 (octal)		117, 135, 161 (octal)
CED	1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8	1/2, 2/3 et 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11 et 7/8
Modulation du signal	MDP-4		
Débit de symboles	Variable	Fixe	Variable
Gamme de débits de symboles	Non spécifiée	20 MBd	19,5 et 29,3 MBd
Largeur de bande occupée (-3 dB)	Variable	20 MHz	y MHz où y est le débit de symboles
Largeur de bande attribuée (-25 dB)	Variable	25,1 MHz	1,33 y (en option, 1,55 y) (MHz) pour y (débit de symboles) = 19,5 et 29,3 MBd
Décroissance de mise en forme de la bande de base	0,35 (cosinus carré surélevé)	0,20 (cosinus carré surélevé)	Butterworth de 4 ^e ordre à largeur de bande limitée, modes à spectre normal et à spectre tronqué, à peu près équivalents à $\alpha = 0,55$ et $\alpha = 0,33$, respectivement

TABLEAU 3 (suite)

<i>Transport et démultiplexage</i>			
Fonction	Système A	Système B	Système C
Couche Transport	MPEG-2	Système B	MPEG-2
Taille des paquets (octet)	188	130	188
Identification (ID) (bit)	13 (PID)	12 (SCID)	13 (PID)
Compteur de continuité (bit)	4 CC		
Fanion d'adaptation (bit)	2 (AD)	4 (aux)	2 (AD)
Fanion d'embrouillage (bit)	2 (S)		
Priorité (bit)	1 (P)	Aucune	1 (P)
Limite de groupe (bit)	1 (PE)		
Indicateur d'erreur (bit)	1 (E)	Champ d'erreur de support de 4 octets ⁽¹⁾	1 (E)
Information utile (octet)	184	127	184
Octet de mot de synchronisation	47 _h	Aucun	47 _h
Inversion d'octet de synchronisation	De 47 _h à B8 _h	Aucune	De 47 _h à B8 _h
Multiplexage statistique	Non restreint	Possible	Possible
Horloge de référence maîtresse	27 MHz		
Méthode de synchronisation vidéo et audio	Horodateur		
<i>Décodage des sources</i>			
Décodage des sources vidéo	Syntaxe	MPEG-2	
	Niveaux	Au moins le niveau principal	
	Profils	Au moins le profil principal	
Décodage des sources audio	Couches I et II MPEG-2	Couche II MPEG-1 (incluse dans MPEG-2)	ATSC A/53 ou couches I et II MPEG-2
Source des données			

TABLEAU 3 (suite)

<i>Autres caractéristiques</i>			
Fonction	Système A	Système B	Système C
Largeur de bande typique du répondeur (MHz)	Non spécifiée	24/27 MHz	24/27/36 MHz
Gamme de fréquences sur la liaison descendante du satellite	Conception originale pour 11/12 GHz, sans exclure d'autres gammes de fréquences pour le satellite		Conception originale pour les gammes de fréquences de satellite 11/12 GHz et 4 GHz
Compatibilité avec SMATV	Oui	Un certain traitement est nécessaire à la station tête de réseau pour la transmodulation MAQ	Oui
Compatibilité avec les hiérarchies de télécommunications existantes	Le flux de transport pourrait être défini de façon à s'intégrer aux hiérarchies existantes.		
Sélection possible d'accès conditionnel	Oui		
Information sur les services	ETS 300 468	Système B	ATSC A/56 + SCTE DVS/011
EPG	ETS 300 707	Système B	Sélection possible par l'utilisateur
Télétexte	Utilisable	Non spécifié	
Sous-titrage	Utilisable		
Sous-titrage codé	Non spécifié	Oui	
Normes de télévision utilisées	Non spécifiées	NTSC et PAL M	NTSC et PAL
Rapports largeur/hauteur	4:3 16:9 (2,12:1 en option)	4:3 16:9	4:3 16:9
Formats de résolution vidéo	Non limités Recommandés: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288	720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240	720 (704) × 576 720 (704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240
Débits de trames	Non spécifiés	29,97	25 (PAL) 29,97 (NTSC)
Compatibilité avec d'autres systèmes de diffusion MPEG-2	ISO/CEI 13818	Un certain traitement est nécessaire	ISO/CEI 13818

(1) Transmission avec en-tête d'image redondant pour indiquer une erreur impossible à corriger dans une image. Utilisation du code d'erreur de séquence défini par l'ISO pour MPEG.

APPENDICE 2

DE L'ANNEXE 1

Liste des sociétés contactées (principalement fabricants de puces et d'IRD)

<i>Société</i>	<i>Réponses reçues</i>
NATIONAL SEMICONDUCTORS	<input checked="" type="checkbox"/>
SAT-SAGEM	
THOMSON	<input checked="" type="checkbox"/>
COMSTREAM	<input checked="" type="checkbox"/>
LSI-Logic	<input checked="" type="checkbox"/>
TV/COM	
SGS THOMSON	<input checked="" type="checkbox"/>
COMATLAS	<input checked="" type="checkbox"/>
MITSUBISHI	
HITACHI	<input checked="" type="checkbox"/>
PHILIPS	
GEC Plessey	
TEXAS INSTRUMENTS	<input checked="" type="checkbox"/>
C. CUBE MICROSYSTEMS	
MOTOROLA	
PIONEER	
STANFORD TELECOM	
TOSHIBA	<input checked="" type="checkbox"/>
SCIENTIFIC ATLANTA	<input checked="" type="checkbox"/>
COMPRESION LABS Inc.	
GENERAL INSTRUMENTS	<input checked="" type="checkbox"/>
BROADCOM	<input checked="" type="checkbox"/>
VLSI TECHNOLOGY	<input checked="" type="checkbox"/>
DIVICOM	
SIEMENS	

APPENDICE 3

DE L'ANNEXE 1

Répartition des coûts d'un IRD typique

<i>Coût de production</i>	<i>\$ E.U.</i>	<i>Pourcentage</i>
Syntonisateur de satellite	20	6,67
Démodulateur de satellite et décodage	30	10,00
Transport et démultiplexage	15	5,00
Décodage	15	5,00
Microprocesseur	20	6,67
Modem pour le module interactif (faible débit)	20	6,67
Mémoire FLASH (8 Mbits) pour le logiciel résident	10	3,33
DRAM (20 Mbits) pour décodage et démultiplexage	15	5,00
Modulateur de sortie analogique	5	1,67
Codeur PAL	5	1,67
Télécommande infrarouge	10	3,33
Licences	20	6,67
Carte de PC + boîtier en plastique	30	10,00
Connecteurs	20	6,67
PCMCIA pour interface commune avec CA	10	3,33
Lecteur de carte intelligente	10	3,33
Bloc d'alimentation	10	3,33
Divers	35	11,67
Coût total de production	300	100,00

Le coût du module CA, 30-60 \$ E.U., n'est pas pris en compte.

<i>Modèle simplifié</i>	<i>\$ E.U.</i>	<i>Pourcentage</i>
Syntonisateur de satellite + démodulateur + décodage	50	16,67
Transport/démultiplexage/décodage MPEG-2 + RAM/mémoire FLASH + microprocesseur	75	25,00
Divers	175	58,33
Coût total	300	100,00

Remerciements

La présente Annexe a été préparée par M. J. Seseña, Rapporteur spécial, aidé de M. Héctor Prieto, chef de l'Unité des nouvelles applications de HISPASAT, avec l'appui du Groupe du Rapporteur spécial pour l'établissement par convergence d'une norme universelle de télévision numérique par satellite.

Il convient de mentionner particulièrement le bon esprit de coopération dont ont fait preuve plusieurs fabricants, qui ont fourni des renseignements industriels à jour, et en particulier M. Rhodes (COMSTREAM), M. Nguyen (NATIONAL SEMICONDUCTORS), M. Gillies (THOMSON MULTIMEDIA), M. Scalise (SGS-THOMSON), M. Dubreuil (COMATLAS), Mme Louise Wasilewski (née Dobson) (SCIENTIFIC ATLANTA), M. Anderson (HUGHES), M. Vehling (VLSI), M. Nelson (BROADCOM), M. Zerhusen (TOSHIBA), M. Shadot (LSI-Logic), M. Davies (TEXAS INSTRUMENTS) M. Beavon (HITACHI), M. Paul Hearty (GENERAL INSTRUMENTS) et M. Dlugos (GENERAL INSTRUMENTS).

ANNEXE 2

Expérience de la Région 2**1 Introduction**

La présente Annexe examine le degré d'avancement de la télévision à réception directe chez le particulier (DTH) aux États-Unis d'Amérique et, dans une certaine mesure, dans la Région 2. Cet examen, tel qu'il est résumé ici, a révélé une architecture générale commune, mais une grande variété de formats de transmission, y compris l'utilisation de deux formats différents dans des systèmes exploités depuis le début de 1994.

Il convient de noter que de nombreux processus et interfaces sont déjà normalisés et que cette normalisation permettra aux fabricants d'utiliser des ensembles communs de puces et des configurations communes de récepteurs.

2 Degré d'avancement des systèmes aux États-Unis d'Amérique**2.1 Architecture commune**

Un certain nombre de systèmes existants et planifiés de transmission numérique par satellite DTH ont été examinés. Ces systèmes comprennent des services à la fois dans le SFS et dans le SRS. Les systèmes étudiés du SFS sont les systèmes 3 et 4 dans le Tableau 4, tandis que ceux du SRS sont les systèmes 1 et 2 du même Tableau.

Tous les services examinés présentent un certain nombre de caractéristiques communes, comme suit:

- Ils fournissent des signaux NTSC de «définition normale».
- Ils fournissent des signaux audio et numériques multiplexés avec les signaux de télévision.
- Ils utilisent une porteuse multiplexée unique par répéteur, avec une largeur de bande de signal de 24 à 54 MHz.
- Ils utilisent une forme de modulation MDP-4.
- Ils utilisent un contrôle évolué d'erreur, notamment le codage convolutif concaténé et le codage RS.
- Ils codent/compressent le signal vidéo en utilisant les techniques de transformée discrète en cosinus et de compensation de mouvement.
- Ils chiffrent chaque canal de programme séparément afin de permettre le contrôle CA canal par canal.
- Ils utilisent un module CA amovible pour permettre des mises à jour aux fins de sécurité.

Les couches de protocole des IRD sont indiquées pour chaque service à la Fig. 9.

2.2 Résumé des caractéristiques des systèmes

Bien que les architectures techniques des services soient semblables, leurs mises en œuvre spécifiques produisent des récepteurs numériques qui sont incompatibles. L'utilisation de la technique de compression vidéo MPEG-2 est une norme *de facto*. Les systèmes tendent à utiliser des guides électroniques sur les programme et des accès conditionnels de configurations différentes. Le Tableau 4 résume certaines caractéristiques clés de chaque système et la production actuelle de récepteurs numériques dans la Région 2.

2.3 Évolution près du terme

On s'attend à ce que les architectures techniques des systèmes des États-Unis d'Amérique divergent encore plus, en réponse aux pressions de la concurrence. En plus de l'expansion de capacité des canaux, les architectures techniques peuvent évoluer de manière à inclure ce qui suit:

- antennes de réception plus petites,
- «navigateurs» évolués d'EPG,
- services de données évolués, y compris services «multimédia»,
- services interactifs, y compris diverses solutions à trajet de retour.

TABLEAU 4

**Résumé des caractéristiques des exemples de système d'émission multiprogramme
dans certains pays de la Région 2**

	Exemple 1 (Système B)	Exemple 2 (se fondant sur le Système A)	Exemple 3 (précurseur du Système C)	Exemple 4
Service	SRS	SRS	SFS	SFS
En exploitation	Oui	Non	Oui	Non
IRD fabriqués ⁽¹⁾ (millions)	1,20	–	0,77	–
IRD installés ⁽¹⁾ (millions)	0,74	–	0,54	–
Largeur de bande du répéteur (MHz)	24	24	54	27
Largeur de bande du signal (MHz)	24	24	Sans objet	24
Modulation (format)	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-4
Contrôle d'erreur (format)	Convolutif/RS	Convolutif/RS	Convolutif/RS	Convolutif/RS
Couche Transport		MPEG-2		MPEG-2
Codage vidéo	MPEG-2	MPEG-2		MPEG-2
Codage audio	MPEG-2	MPEG-2		MPEG-2
Multiplexage statistique		Sans objet		Sans objet
Chiffrement		Sans objet	Sans objet	Sans objet
Module CA amovible	Oui	Oui	Oui	Oui
EPG		Sans objet	Aucun	Sans objet
Formats de TV fournis	NTSC, S-Vidéo	NTSC, S-Vidéo	NTSC	Sans objet
Autres services	Audio, données	Audio, données	Audio, données	Audio, données

⁽¹⁾ En août 1995.

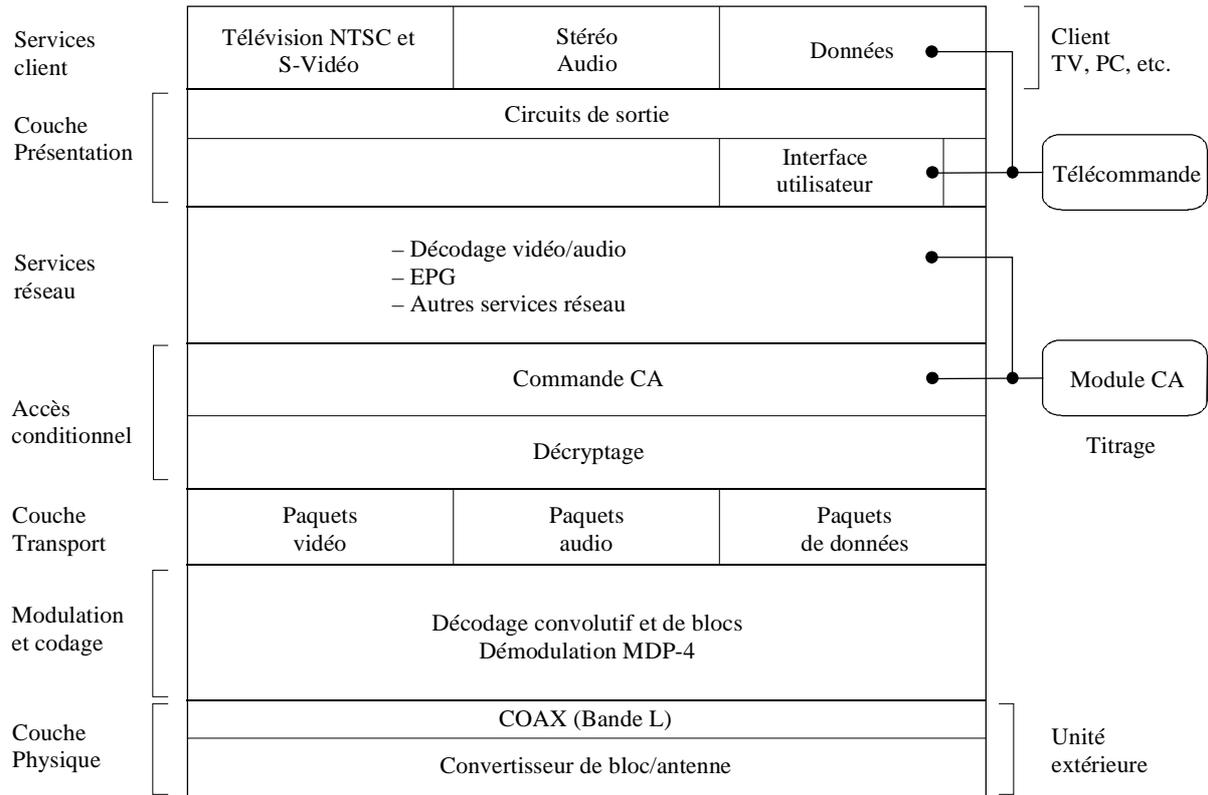
3 Degré d'avancement de certains systèmes de la Région 2

Plusieurs sociétés ayant leur siège social aux États-Unis d'Amérique participent à des projets de télévision par satellite DTH dans d'autres pays de la Région 2.

D'autres projets sont en cours, dans la Région 2, en Amérique latine.

Tous les services planifiés utilisent la transmission numérique multicanaux dans le SFS, pour assurer des services DTH par abonnement et à la carte.

FIGURE 9
Couches de protocole d'IRD typique



Rap 2008-09