

RAPPORT UIT-R BO.2007

**CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'INTRODUCTION DES SYSTÈMES  
DE TÉLÉVISION À HAUTE DÉFINITION (TVHD) DU SERVICE  
DE RADIODIFFUSION PAR SATELLITE (SRS)\***

(1995)

## **1 Introduction**

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92), ayant attribué à titre primaire les bandes 21,4-22,0 GHz (Régions 1 et 3) et 17,3-17,8 GHz (Région 2) au service de radiodiffusion par satellite à compter du 1<sup>er</sup> avril 2007, a adopté, dans sa Résolution N° 525, une série de procédures intérimaires pour permettre l'introduction des systèmes de TVHD (du SRS) dans les Régions 1 et 3 à compter du 1<sup>er</sup> avril 1992.

Outre qu'elle stipule que la bande de fréquences attribuée servira à la télévision à haute définition (TVHD) dans le SRS, la Résolution N° 525 (CAMR-92) précise qu'en attendant qu'une future conférence décide des procédures définitives, l'utilisation de la bande attribuée sera régie par la Résolution N° 33 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) (CAMR-79) et l'Article 34 du Règlement des radiocommunications (RR), et, qu'après le 1<sup>er</sup> avril 2007, l'introduction de systèmes de TVHD dans cette bande devra être réglementée d'une manière souple et équitable jusqu'à ce qu'une future CAMR compétente adopte des dispositions définitives à cet effet en application de la Résolution N° 507 (CAMR-79).

Les procédures intérimaires reprennent les dispositions de la Résolution N° 33 qui s'appliquent au service de radiodiffusion par satellite dans des bandes pour lesquelles il n'existe pas de plans en vigueur et dont les besoins de coordination avec les assignations effectuées par d'autres pays se limitent aux systèmes qui dépassent certaines valeurs de seuil.

Le présent Rapport énumère quelques-unes des caractéristiques à prendre en considération dans la mise au point de systèmes de TVHD du SRS dans le cadre de ces procédures. Bien que les procédures intérimaires de la Résolution N° 525 (CAMR-92) ne s'appliquent qu'à l'introduction des systèmes du SRS (TVHD) dans la bande 21,4-22,0 GHz dans les Régions 1 et 3, les éléments présentés aux § 5, 6 et 7 et dans les annexes du présent Rapport peuvent aussi être utiles pour la planification des systèmes dans la bande 17,3-17,8 GHz dans la Région 2, ainsi que pour la mise en place éventuelle, dans la bande des 12 GHz, de systèmes de TVHD du SRS, notamment dans les pays tropicaux des Régions 1 et 3, comme le prévoit la Résolution N° 524 (CAMR-92).

## **2 Dispositions réglementaires**

La Résolution N° 525 (CAMR-92) fixe une série de dispositions réglementaires intérimaires destinées à assurer un accès souple et équitable à l'orbite géostationnaire et au spectre concerné, en attendant qu'une conférence des radiocommunications compétente ait décidé d'une procédure définitive. Cette résolution établit une distinction entre systèmes *opérationnels* et systèmes

---

\* Le présent Rapport fournit des informations techniques relatives à l'application des procédures intérimaires énoncées dans la Résolution N° 525 (CAMR-92).

*expérimentaux*, ainsi qu'entresystèmes mis en œuvre avant le 1<sup>er</sup> avril 2007 et systèmes mis en œuvre après cette date. Les procédures applicables sont indiquées dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

**Plan général des procédures applicables à la mise en œuvre des systèmes du SRS (TVHD)\***

Période d'utilisation de la bande de TVHD	Conditions		Dispositions applicables au RR
Avant le 1 <sup>er</sup> avril 2007	Systèmes expérimentaux		Article 34: Stations expérimentales Rés. N° 33, Sect. A: Coordination entre stations spatiales du SRS et stations de Terre Rés. N° 33, Sect. B: Coordination entre stations spatiales du SRS et systèmes spatiaux relevant d'autres administrations Rés. N° 33, Sect. C: Notification et enregistrement des fréquences
	Systèmes opérationnels	Puissance surfacique > a	Rés. N° 33, Sect. A: Coordination entre stations spatiales du SRS et stations de Terre Rés. N° 33, Sect. B: Coordination entre stations spatiales du SRS et systèmes spatiaux relevant d'autres administrations Rés. N° 33, Sect. C: Notification et enregistrement des fréquences
		Puissance surfacique < a	Rés. N° 33, Sect. B: Coordination entre stations spatiales du SRS et systèmes spatiaux relevant d'autres administrations Rés. N° 33, Sect. C: Notification et enregistrement des fréquences
Après le 1 <sup>er</sup> avril 2007	Adoption de nouvelles procédures par une future CAMR		Application de ces nouvelles procédures
	Pas d'adoption de nouvelles procédures		Rés. N° 33, Sect. B: Coordination entre stations spatiales du SRS et systèmes spatiaux relevant d'autres administrations Rés. N° 33, Sect. C: Notification et enregistrement des fréquences

\* Source: Résolution N° 525 (CAMR-92).

a: limites définies au § 4 de ce Rapport.

### **3 Situation des services existants**

La bande 21,4-22,0 GHz est, de plus, attribuée aux services fixe et mobile à titre primaire. Le § 1 de l'annexe à la Résolution N° 525 (CAMR-92) indique que:

«Il doit être entendu qu'avant le 1<sup>er</sup> avril 2007 tous les services fonctionnant actuellement dans la bande 21,4-22,0 GHz dans les Régions 1 et 3 conformément au Tableau d'attribution des bandes de fréquences seront autorisés à continuer de fonctionner. Après cette date, ils pourront continuer à fonctionner, mais ils ne devront ni causer de brouillages préjudiciables aux systèmes du SRS (TVHD), ni demander de protection contre les brouillages causés par ces systèmes.»

Ces dispositions peuvent rendre nécessaire le transfert de services fixes de la bande 21,4-22,0 GHz dans d'autres bandes voisines. Le Groupe de travail (GT) 10-11S a chargé la Commission d'études 9 des radiocommunications d'examiner cette question (Document 10-11S/TEMP/51).

### **4 Valeurs de seuil de déclenchement de la coordination**

Les procédures de coordination seront déclenchées lorsque le niveau de la puissance surfacique produite à la surface de la Terre par les émissions d'une station spatiale sur le territoire de tout autre pays atteindra les valeurs suivantes:

- -115 dB(W/m<sup>2</sup>) dans une bande quelconque large de 1 MHz pour les angles d'arrivée compris entre 0° et 5° au-dessus du plan horizontal; ou
- -105 dB(W/m<sup>2</sup>) dans une bande quelconque large de 1 MHz pour les angles d'arrivée compris entre 25° et 90° au-dessus du plan horizontal; ou
- des valeurs calculées par interpolation linéaire entre ces limites pour les angles d'arrivée compris entre 5° et 25° au-dessus du plan horizontal.

Le GT 10-11S a réexaminé ces valeurs destinées à assurer la protection du service fixe et applicables seulement jusqu'au 1<sup>er</sup> avril 2007, conformément à la Résolution N° 525. Après cette date, des niveaux supérieurs de puissance surfacique pourront être introduits, sous réserve d'un examen plus approfondi des prescriptions de disponibilité du service.

### **5 Spécifications de service**

Le détail des spécifications de service des systèmes de TVHD (du SRS) appellent un complément d'étude. Les paragraphes qui suivent énumèrent un ensemble de spécifications provisoires:

#### **5.1 Objectifs généraux de ces systèmes**

- a) Adoption d'une norme de télédiffusion par satellite pour la TVHD numérique (voir aussi le § 9).
- b) Applicabilité de la norme de transmission aux autres supports concernés avec une conversion la moins complexe possible.
- c) Réception du signal émis au moyen d'une petite antenne individuelle (45 à 90 cm). Ce signal doit aussi convenir aux stations têtes de réseau. La compatibilité avec le RNIS-LB est souhaitable.

## 5.2 Spécifications de service et de couverture

- a) La TVHD est conçue pour une réception par des stations fixes avec la meilleure qualité possible dans les limites que permet le format TVHD (qualité virtuelle de studio).
- b) La manière de déterminer le taux de disponibilité du service pendant le mois le plus défavorable (la disponibilité de service des systèmes numériques est normalement déterminée par le point de perte d'image) appelle un complément d'étude (voir aussi le § 6).
- c) Caractéristiques de dégradation subjectivement acceptables. Dans la plage des 21 GHz, l'obtention de telles caractéristiques peut faire appel à des techniques de compensation de l'affaiblissement telles que la modulation et le codage multicouches ou la commande adaptative de la p.i.r.e. du satellite, ce qui limite le repli sur une qualité TV à définition conventionnelle ou limitée aux cas d'évanouissements profonds.

*Note importante* – La perte du son ne doit pas intervenir avant la perte de l'image.

- d) Choix d'un mode de modulation techniquement adapté permettant d'obtenir (dans la mesure du possible) une grande efficacité d'utilisation spectrale, une faible puissance d'émission et de faibles rapports de protection, afin de maximiser la réutilisation des fréquences et de minimiser les contraintes de partage au sein du même service ou avec d'autres services.
- e) Choix entre une couverture nationale, multinationale ou régionale.
- f) Dispositions relatives à l'embrouillage en vue d'assurer la conformation spectrale de la distribution d'énergie.
- g) Dispositions relatives à l'accès conditionnel.

## 5.3 Spécifications de multiplexage

- a) Combinaison de tous les éléments de service relatifs à un service de programmes complet par une technique de multiplexage appropriée.  
Ces éléments de service comprendront le son, l'image, les données et, à titre facultatif, le code de protection d'erreur en bande de base.
- b) Débit binaire brut constant à la sortie du multiplexeur.
- c) Configuration de multiplexage souple avec reconfiguration dynamique (ceci suppose la transmission fréquente d'une information de configuration de multiplexage).
- d) Multiplex et information de service (SI) communs aux divers systèmes de transmission.

## 5.4 Spécifications du récepteur

- a) Facilité d'utilisation pour l'utilisateur.
- b) Coût de récepteur acceptable dans le cas d'une production en série.
- c) Standardisation maximale des processus de traitement des signaux pour les différents supports de transmission (transmission par satellite, de Terre ou par câble).
- d) Possibilité de recevoir les signaux de qualité TVHD numérique transmis par satellite, par réseau câblé ou réseau hertzien de Terre (ainsi qu'éventuellement les signaux de télévision existants).

## 6 Disponibilité du service

La disponibilité des systèmes de TVHD du SRS appelle d'urgence un complément d'étude. Certaines administrations proposent des taux de 99,6 à 99,7% pour le mois le plus défavorable. Il est

à noter que comme le système de TVHD sera probablement numérique, sa dégradation sera rapide et non pas graduelle comme celle des systèmes analogiques. Un choix judicieux des méthodes de codage et de modulation peut améliorer la disponibilité du service. Les Annexes 1 et 3 présentent des solutions possibles à ce sujet.

Il a été procédé, en Italie, à des études relatives à des méthodes perfectionnées de protection contre les erreurs pour la mise en œuvre de satellites de TV/TVHD numérique. Ces méthodes utilisent un code «interne» convolutionnel en treillis associé au modem numérique, et un code de bloc «externe» associé au codec vidéo pour minimiser le taux d'erreur binaire (TEB). Dans les récepteurs fonctionnant à des débits binaires élevés, l'utilisation de circuits intégrés «d'algorithme Viterbi parallèle» peut se révéler nécessaire, et ceci peut entraîner une dégradation de gain de codage. L'Italie procède à des études (Documents 10-11S/97 et GT 11/2) sur les techniques permettant d'éviter cette dégradation.

La commande adaptative de la p.i.r.e. sur les satellites comportant une antenne à faisceaux multiples constitue un autre moyen efficace d'améliorer la disponibilité du service, notamment dans les pays où les précipitations se caractérisent par une forte intensité. L'Annexe 2 explique le principe de cette méthode.

Il est à prévoir que les systèmes de TVHD du SRS fonctionnant à 17 et 21 GHz devront faire face à un important affaiblissement dans la plupart des pays. Il convient d'examiner les critères de disponibilité du service dans la perspective des valeurs d'affaiblissement prévues et des méthodes envisagées pour compenser ces affaiblissements.

La question de la disponibilité du service et des nouvelles techniques de compensation de l'affaiblissement appelle un complément d'étude.

## **7 Scénarios sur l'utilisation future de la bande des 21 GHz**

Comme indiqué dans l'introduction, l'attribution de la bande des 21 GHz au SRS ne date que de la CAMR-92.

Il est donc difficile en l'état actuel des choses de présenter les différents scénarios qui régiront l'utilisation future de cette bande, d'autant plus que l'attribution de celle-ci ne prendra pleinement effet qu'en avril 2007.

L'Europe et le Japon travaillent actuellement à divers projets de recherche (tel le projet HD-SAT en Europe) visant à résoudre les problèmes techniques que pose l'exploitation de la bande des 21 GHz en préparation de l'exploitation dans cette bande des services de TVHD de qualité studio (large bande) et de radiodiffusion numérique par satellite à intégration des services (ISDB). Le Japon projette de lancer en 1997 le satellite expérimental COMETS (Communication and Broadcasting Engineering Test Satellite) comportant une expérience dans la bande des 21 GHz destinée à mettre au point de nouveaux systèmes de radiodiffusion de type ISDB. Les répéteurs à 21 GHz du satellite COMETS auront une largeur de bande maximale de 120 MHz. Ce satellite aura une puissance de sortie de 200 W et sera muni de 2 faisceaux (6 faisceaux pouvant couvrir l'ensemble du Japon). Dans ses objectifs de développement à long terme, le Japon prévoit également le développement de nouveaux services de diffusion à débit binaire élevé capables de transmettre des images de télévision à ultra-haute définition et des images en trois dimensions.

L'UIT-R a établi un Rapport exhaustif sur la télédiffusion TVHD par satellite dans cette bande (Rapport UIT-R BO.1075) et travaille à l'élaboration de principes de planification souples pour ce service.

A la différence de la télévision numérique par satellite à programmes multiples («multivision») qui sera mise en œuvre prochainement en Europe, le concept de TVHD numérique est une perspective plus lointaine, qui ne nécessitera un accès anticipé à la bande des 21 GHz que s'il est prévu de diffuser une image virtuellement de qualité studio. Quoi qu'il en soit, la nouvelle bande pourra non seulement contribuer à assurer l'avenir de la télédiffusion par satellite, mais aussi celui de l'industrie de la télévision grand public.

Pour conclure, il est encore trop tôt semble-t-il pour juger des questions touchant à l'utilisation de cette bande et à sa réglementation. L'achèvement des divers projets actuellement en cours (le projet RACE HD-SAT et le projet COMETS, par exemple) permettra certainement de mettre au point des scénarios plus appropriés en ce qui concerne l'utilisation et la planification de la bande des 21 GHz.

## **8 Processus de normalisation**

Il y a lieu de définir le service et les principaux paramètres connexes pour une efficacité d'utilisation maximale de la bande de fréquences nouvellement attribuée.

On sait que l'orbite géostationnaire est une ressource limitée. On sait également que le meilleur moyen de maximiser l'efficacité d'utilisation de la ressource orbite-spectre consiste à mettre en place des systèmes judicieusement conçus dont les principaux paramètres présentent un certain degré d'uniformité.

La détermination des objectifs de service par les organismes de diffusion et les principaux opérateurs industriels du SRS favorisera la mise en œuvre de systèmes de TVHD à large bande.

A cet effet, il y aura lieu de prendre en considération les différents éléments qui contribuent à caractériser les systèmes du SRS (TVHD), par exemple:

- Objectifs de service:
  - qualité de service,
  - fiabilité de service.
- Caractéristiques des systèmes:
  - facteurs de propagation,
  - codage source des signaux de TVHD-LB,
  - modulation et codage de voie,
  - caractéristiques des systèmes de réception,
  - technologie du satellite et de la station terrienne.
- Gestion du spectre:
  - procédures souples d'utilisation de cette bande (liaisons montante et descendante),
  - largeur de bande totale requise pour chaque service,
  - taux de protection,
  - partage avec les services fixes et mobiles.

Les résultats des projets de recherche en cours en Europe et au Japon en vue d'ouvrir l'accès de la bande des 21 GHz à la TVHD à large bande et à la radiodiffusion RNIS multiservice par satellite serviront de base pour la détermination des paramètres techniques ci-dessus.

## 9 Applications spéciales

Certaines applications spéciales peuvent nécessiter des normes de transmission différentes de celles qui sont généralement utilisées. Le reportage d'actualités par satellite (RAS) dans le SFS peut être utilisé pour retransmettre des événements spéciaux. En outre, il peut être souhaitable à certaines occasions d'envoyer le signal directement au satellite du SRS plutôt que par l'intermédiaire d'un studio.

Un certain nombre de terminaux RAS fonctionnent, non pas à 140 Mbit/s, mais à des débits inférieurs, par exemple à 68 ou 34 Mbit/s ou moins. Les modalités de mise en œuvre de ces applications spéciales dans l'environnement TVHD-SRS appellent un complément d'étude. Le GT 4/RAS examine actuellement ces aspects.

## 10 Liaisons de connexion

L'attribution mondiale demandée à la CAMR-92 pour les liaisons de connexion n'a pas été obtenue. La bande 17,3-18,1 GHz est disponible pour les liaisons de connexion de TVHD du SRS. Cette bande est partagée avec d'autres services, y compris les liaisons de connexion des Plans de la CAMR-77 et de la CARR-83.

Les conditions de partage imposent des contraintes qui restreignent la souplesse d'utilisation de cette bande pour les liaisons de connexion de TVHD du SRS. La bande 18,1-18,4 GHz peut être utilisée pour les liaisons de connexion bien qu'elle ne soit pas disponible dans certains pays. Dans les Régions 2 et 3, la bande 24,75-25,25 GHz est également disponible. La bande 27,5-30,0 GHz actuellement attribuée au SFS pourrait être utilisée dans le monde entier mais une exploitation en partage avec les systèmes du SFS s'imposerait alors.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Toutes les questions dont il est fait mention sont traitées dans le cadre des travaux de recherche (par exemple les références [1], [2] et [3] ci-dessous).

- [1] TSUZUKU, A. FUKUCHI et autres (1993) - Advanced satellite broadcasting experiment using Japan's R&D satellite COMETS (Expérience de télédiffusion avancée par satellite au moyen du satellite japonais COMETS de recherche et de développement), Proc. of the 23rd European Microwave Conference (EUM'93), Madrid, Espagne, 6-9 septembre, pages 100 à 112).
- [2] DOSCH, Ch., (1994) - Inter-operability of digital HDTV satellite broadcasting (21.4 - 22 GHz) with the existing and future media infrastructure (Interopérabilité de la diffusion de TVHD numérique par satellite avec l'infrastructure des supports existants et futurs). Status of the HD-SAT project EBU Technical Review No. 260, été 1994, pages 51 à 63.
- [3] PALICOT, J. VEILLARD, J. (1993) - Possible channel, coding and modulation system for the satellite broadcasting of a high-definition television signal (Système possible de modulation et de codage de voie pour la diffusion par satellite de signaux de TVHD). Signal Processing: Image Communication 5 (1993) pages 463 à 471.
- [4] Advanced techniques for satellite broadcasting of digital HDTV at frequencies around 20 GHz (Techniques avancées de diffusion par satellite de signaux de TVHD numérique à des fréquences d'environ 20 GHz). Ensemble de contributions traitant de la TVHD numérique à large bande. Publié par l'UER à l'occasion des démonstrations présentées sur les

techniques de radiodiffusion de TVHD à large bande par satellite à la CAMR-92 de l'UIT (Malaga-Torremolinos, 1992); Genève, février 1992.

- [5] COMINETTI, M. et autres - EBU demonstrations of wideband digital HDTV satellite broadcasting technologies at WARC-92 (Démonstrations par l'UER de technologies de diffusion par satellite de signaux de TVHD numérique à large bande à la CAMR-92). EBU Technical Review No. 252 (été 1992), Genève.
- [6] MERTENS, H. - Spectrum and planning aspects for digital HDTV satellite broadcasting (Diffusion par satellite de signaux de TVHD numérique: questions liées au spectre et à la planification). Référence [4].

## ANNEXE 1

### **Méthodes possibles de codage et de modulation pour améliorer la disponibilité du service de diffusion de TVHD numérique par satellite**

#### **1 Introduction**

La CAMR-92 a attribué au SRS (TVHD) la bande de fréquences 21,4-22,0 GHz dans les Régions 1 et 3 et la bande 17,3-17,8 GHz dans la Région 2. En raison des niveaux élevés d'affaiblissement atmosphérique dans ces bandes de fréquences ainsi que dans la bande des 12 GHz du SRS en zone tropicale, les techniques numériques conventionnelles, qui présentent des caractéristiques de défaillance brutale, risquent de ne pas permettre d'assurer les taux de disponibilité requis si on s'interdit de dépasser les limites de puissance surfacique adoptées par temps clair.

La présente Annexe examine de nouvelles méthodes de codage/modulation destinées à améliorer la disponibilité des services de diffusion de TVHD numérique par satellite.

Les méthodes évoluées exposées dans la présente Annexe assurent une dégradation progressive du service de TVHD en présence d'évanouissements dus à de fortes pluies; ce comportement s'apparente étroitement à celui des systèmes analogiques qui est bien accepté par les téléspectateurs. La plupart du temps, par exemple jusqu'à 99% du mois le plus défavorable, le service assure une qualité de TVHD nominale, mais lorsque des pluies abondantes provoquent des évanouissements, le récepteur assure une qualité de TV conventionnelle ou à définition limitée (Note 1).

*Note 1* - En Europe et aux Etats-Unis d'Amérique., les études menées sur le concept de dégradation progressive basé sur une modulation multicouche, s'étendent également à la transmission de signaux de TVHD par des émetteurs de Terre, en vue d'adapter le service à différentes conditions de réception (récepteurs fixes et portatifs, par exemple). Dans le cas de la TVHD du SRS, le concept de la modulation multicouche est surtout destiné à accroître la disponibilité du service en présence d'évanouissements importants dus aux précipitations plutôt qu'à permettre la réception facultative de signaux de télévision à faible résolution.



## 2 Exemples de modulation multicouche

### 2.1 Exemple 1

Cet exemple est basé sur un multiplex temporel radioélectrique combinant divers types de modulation [Palicot et Veillard, septembre 1993].

L'approche conceptuelle de codage et de modulation s'articule autour d'une trame (voir la Fig. 1) en deux parties:

- Partie 1 ( $R_1$ ): Composante TVHD avec signal à débit binaire élevé de durée  $T_1$ ;
- Partie 2 ( $R_2$ ): Composante TV conventionnelle avec signal à faible débit binaire de durée  $T_2$ .

Le signal  $R_2$  à faible débit binaire est associé à un codage de voie et à une modulation qui sont plus robustes en présence de bruit que le codage de voie et la modulation associés au signal à débit binaire élevé.

En présence de niveaux élevés d'affaiblissement atmosphérique, le récepteur passe automatiquement de la composante TVHD à la composante TV conventionnelle. Le critère de commutation peut être lié à la puissance du signal reçu ou au taux d'erreur binaire de la composante TVHD. Pour une puissance d'émission donnée du satellite, cette méthode permet d'accroître la continuité du service et par conséquent d'en réduire la durée d'interruption.

Côté émission (Fig. 2), le signal de TVHD est sous-échantillonné pour obtenir une image compatible 625 lignes qui est envoyée au codeur 2. La composante résiduelle (différence entre l'entrée TVHD et la sortie du codeur 2 décodée localement) est codée par le codeur 1. Ce schéma permet de réduire le débit binaire à l'émission ou d'augmenter la partie du débit binaire attribuée à la composante image dans le multiplex.

Côté réception (Fig. 3) un suréchantillonnage (H:2/1, V:2/1) est effectué à la sortie du décodeur 2, et l'information ainsi obtenue, combinée avec la sortie du décodeur 1, reconstitue l'image de TVHD en entier.

Afin de comparer entre elles la méthode exposée ci-dessus avec un système de référence (système utilisant un débit binaire unique), on suppose que le débit binaire après le codage TVHD est le même pour un codeur TVHD monocouche conventionnel que pour un codeur multicouche compatible.

La Fig. 4 représente la caractéristique de fonctionnement d'un système compatible comparée à celle du système de référence [Palicot et Veillard, août 1993]. L'hystérésis de commutation entre les deux qualités de service, représentée sur cette figure, est destinée à éviter de trop fréquentes commutations.

### 2.2 Exemple 2

Cet exemple représente une méthode de modulation à trois couches [Tsuzuku et autres, 1993]. En d'autres termes, ce système assure une dégradation progressive à trois degrés.

En ce qui concerne le codage à la source, l'information de TVHD est divisée en trois trains de données numériques selon le principe indiqué dans l'exemple 1. Ces trains de données sont, par exemple, une composante de qualité vidéocassette, une composante différentielle entre la qualité TV conventionnelle et la qualité vidéocassette, et une composante différentielle entre la qualité TVHD et la qualité TV conventionnelle. Ces trois trains de données sont transmis selon la méthode de modulation hiérarchique suivante.

Le principe de cette modulation hiérarchique régit la distance euclidienne entre symboles. La constellation MDP-8 (modulation par déplacement de phase octovalente) normale est représentée à la Fig. 5a. Toutefois, on peut en modifier l'immunité au bruit en modifiant les distances entre symboles. Un exemple de la constellation MDP-8 hiérarchique est représenté à la Fig. 5b. Un symbole MDP-8 véhicule trois bits, l'immunité au bruit de chacun de ces bits étant différente en raison des différences de distance euclidienne entre symboles.

Les caractéristiques de TEB (taux d'erreur binaire) de la modulation hiérarchique représentée à la Fig. 5b ont été calculées de manière théorique. Les résultats obtenus sont présentés à la Fig. 6. Le TEB du premier bit est identique à celui de la modulation MDP-4 (MDP quadrivalente), celui du deuxième bit est presque identique à celui de la modulation MDP-8 normale, et celui du troisième bit est proche de celui de la modulation MDP-16 (MDP à seize phases). La Fig. 7 montre l'efficacité d'utilisation spectrale en fonction du rapport porteuse/bruit (C/N) pour une valeur requise du TEB de  $1 \times 10^{-4}$  (avant correction d'erreur). Lorsque le rapport C/N est supérieur à 22,6 dB, l'utilisation de cette modulation permet de transférer 1,5 fois la quantité de données transférées par la modulation MDP-4.

### 2.3 Exemple 3

Un autre exemple de méthode de modulation à trois couches est donné aux § 3 et 4 de l'Annexe 3.

## 3 Caractéristiques d'évanouissement dû à des pluies abondantes

Les systèmes numériques se caractérisant par la survenue abrupte des défaillances et les profils d'évanouissement dû aux pluies abondantes affectent donc directement leur disponibilité de service.

La Fig. 8 donne des exemples d'évanouissements C/N à 22 GHz dus à des précipitations abondantes. Ces courbes ont été extrapolées à partir de la courbe d'affaiblissement en fonction de l'intensité de pluie mesurée à 12 GHz à Tokyo au moyen du satellite de diffusion japonais BS-3 et selon la méthode décrite par l'UIT-R (Rapport UIT- PN.721). Les caractéristiques d'évanouissements rapides et profonds dans la bande des 21 GHz sont bien visibles sur ces figures.

Les seuils d'interruption de service indiqués sur les figures sont calculés d'après les données décrites dans l'exemple 1 au § 2.1. Les paramètres de transmission retenus sont les suivants: p.i.r.e. de satellite de 70 dBW, antenne de réception de 45 cm de diamètre et facteur de bruit de 2,0 dB. Le Tableau 2 récapitule les durées d'interruption du service estimées d'après cette figure.

TABLEAU 2

**Durée d'interruption du service imputable à la transmission multicouche et monocouche d'après les exemples a) et b) de la Fig. 8**

Episode	Schéma	Durée d'interruption du service (min)	Durée d'interruption par rapport au système monocouche (%)
a - orageux	Monocouche	3,6	-
	Multicouche (couche haute qualité)	4,0	111
	Multicouche (couche qualité limitée)	2,0	56
b - cyclonique	Monocouche	11,4	-
	Multicouche (couche haute qualité)	12,5	110
	Multicouche (couche qualité limitée)	7,1	62

Pour les téléspectateurs de programmes de TVHD par exemple, une interruption de service, ne serait-ce que relativement brève, peut être extrêmement gênante au beau milieu d'une scène captivante. Par conséquent, bien qu'il importe d'évaluer la continuité du service en fonction de l'affaiblissement dû à la pluie en temps relatif cumulé, il importe bien plus pour l'évaluation de la disponibilité du service d'étudier le détail des courbes d'affaiblissement dû à la pluie. La télédiffusion numérique devrait être à cet égard d'une excellente qualité, bien supérieure à la télédiffusion en modulation de fréquence actuelle.

Il est à noter que l'efficacité de la modulation multicouche dépend beaucoup de la marge disponible dans le budget de liaison pour le service de haute qualité (HQ). Si on accepte un niveau de qualité de service inférieur pendant les périodes de fortes précipitations, la modulation multicouche peut améliorer sensiblement la disponibilité du service si la marge disponible dans le budget de liaison HQ est relativement faible (de 3 à 4 dB, par exemple), c'est-à-dire pour une puissance d'émission limitée du satellite et de petites antennes de réception domestiques. Si cette marge est relativement importante, disons de 10 à 15 dB, en raison d'une p.i.r.e. élevée pour le satellite ou de l'utilisation de grandes antennes de réception domestiques, l'amélioration de la continuité du service par la seconde couche (et le cas échéant par la troisième) sera relativement faible, car l'affaiblissement dû à la pluie augmente de manière exponentielle sur de courtes durées.

#### 4 Résumé

Les méthodes décrites donnent des exemples sur la manière d'accroître la continuité du service par le recours à un concept alliant modulation multicouche, codage d'image multicouche et codage de voie multicouche. Des variantes de cette méthode principale sont actuellement à l'étude. On peut toutefois d'ores et déjà conclure que cette technique permettrait de porter la continuité du service à 99,9% voire plus du mois le plus défavorable, dans les zones à climat tempéré sans qu'il soit nécessaire d'accroître la puissance d'émission du satellite, la qualité de service en présence d'évanouissements profonds passant de la haute définition à une qualité TV à définition conventionnelle ou limitée. Dans les pays sujets à de violents orages (tropicaux), d'autres mesures telles que la méthode de commande adaptative de la p.i.r.e. du satellite (voir l'Annexe 2) peuvent

s'avérer nécessaires pour atteindre le même niveau de continuité de service. Il convient de préserver la haute qualité sonore nominale du service même en présence d'évanouissements profonds, la perte du son ne devant intervenir qu'après celle de l'image.

Les principes exposés dans la présente Annexe appellent un complément d'étude, notamment sur les points suivants:

- étude de l'effet de compensation assuré par la méthode de modulation multicouche en partant de courbes de précipitations réelles;
- fixation des paramètres pour une bonne disponibilité de service et calcul des valeurs seuils du rapport porteuse/bruit pour chaque couche;
- effet de précipitations cycloniques abondantes et de grosses pluies continues;
- complexité du démodulateur et diminution de l'efficacité d'utilisation spectrale due à la transmission multicouche;
- mise au point d'un démodulateur stable dans un environnement à faible rapport porteuse/bruit, spécialement pour la synchronisation.

FIGURE 1

Multiplexage temporel des composantes à débit binaire élevé et faible

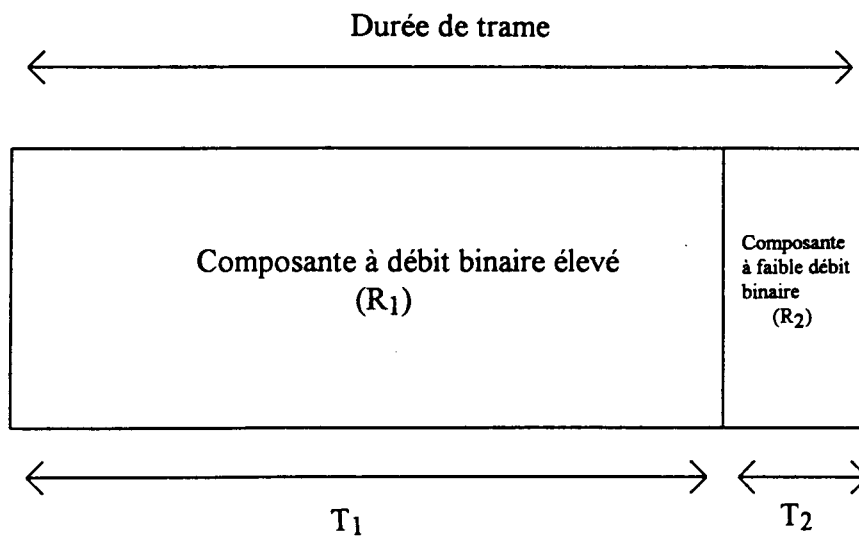


FIGURE 2

Exemple de schéma compatible de codage et de modulation

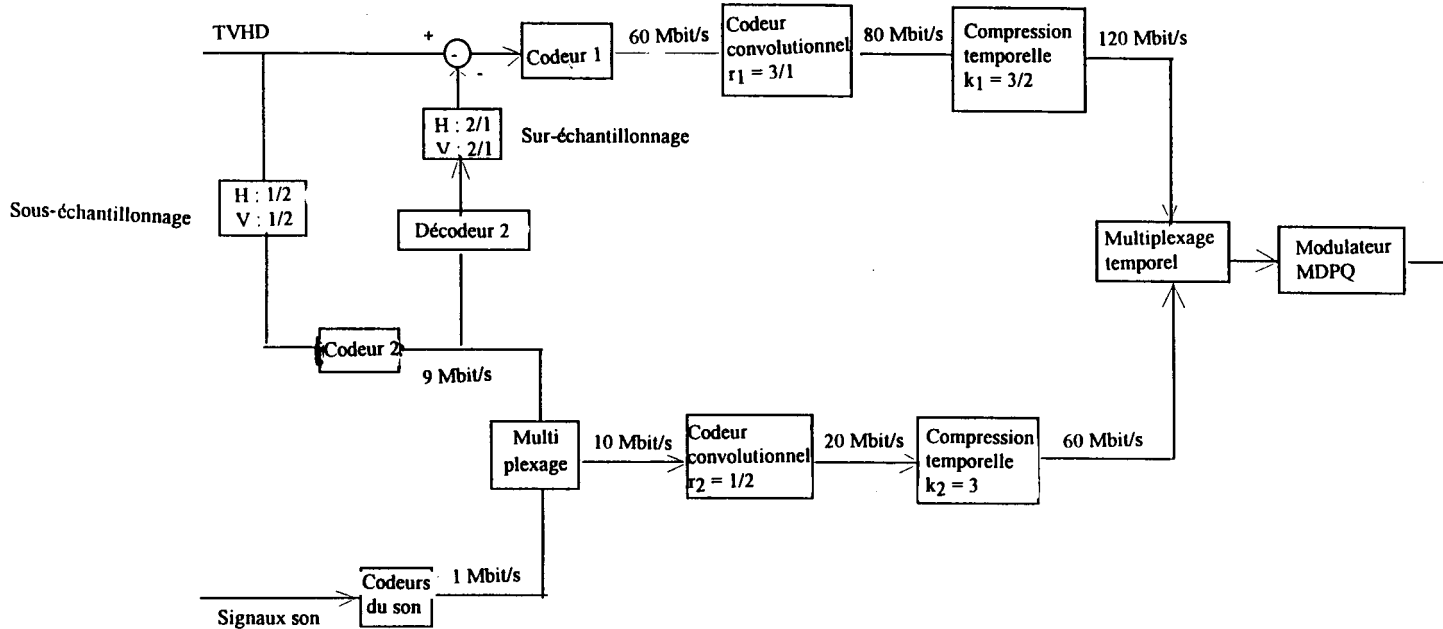


FIGURE 3

Exemple de schéma compatible de décodage et de démodulation

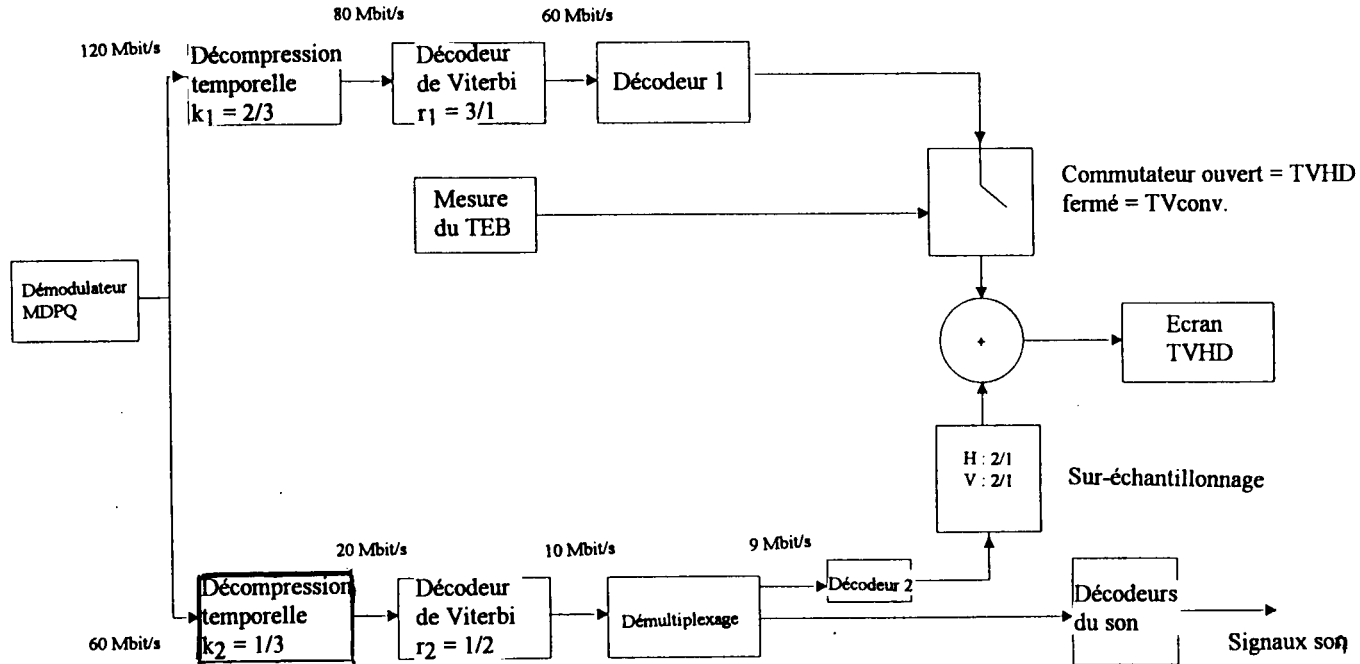


FIGURE 4

Qualité d'image et du son en fonction du rapport C/N: comparaison des courbes de disponibilité du système à codage compatible de l'exemple et du système de référence

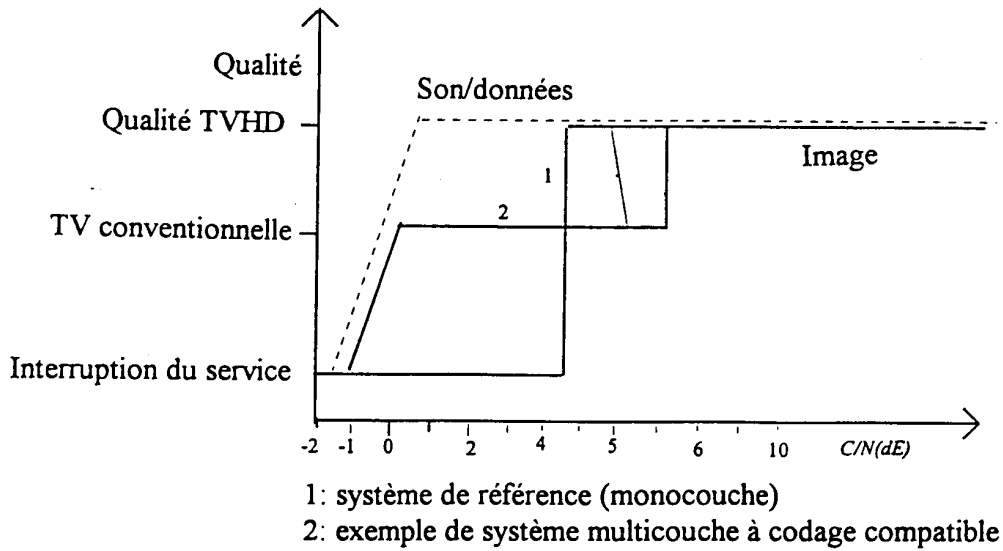


FIGURE 5

Principe de dégradation progressive par modulation MDP-8 hiérarchique

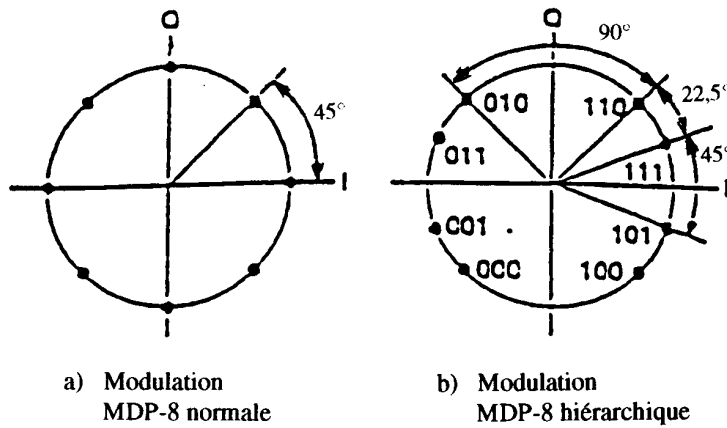


FIGURE 6

Caractéristiques de taux d'erreur binaire de la modulation MDP-8 hiérarchique

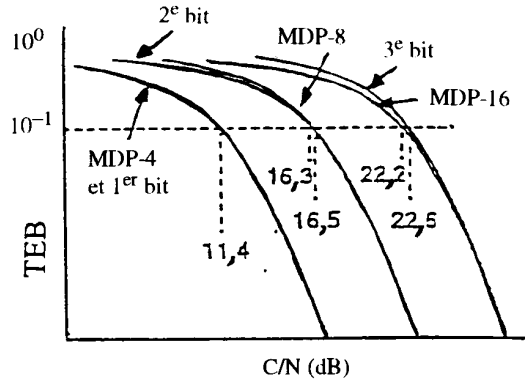


FIGURE 7

Efficacité d'utilisation spectrale par la modulation MDP-8 hiérarchique

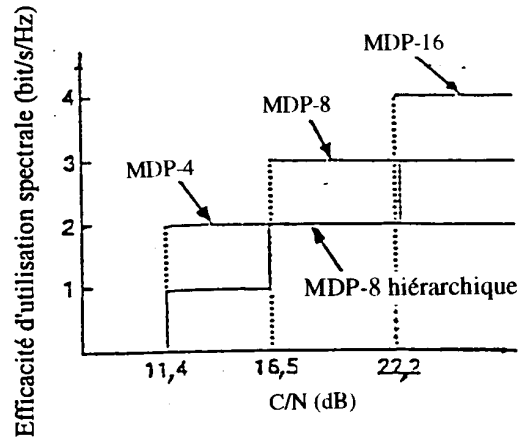
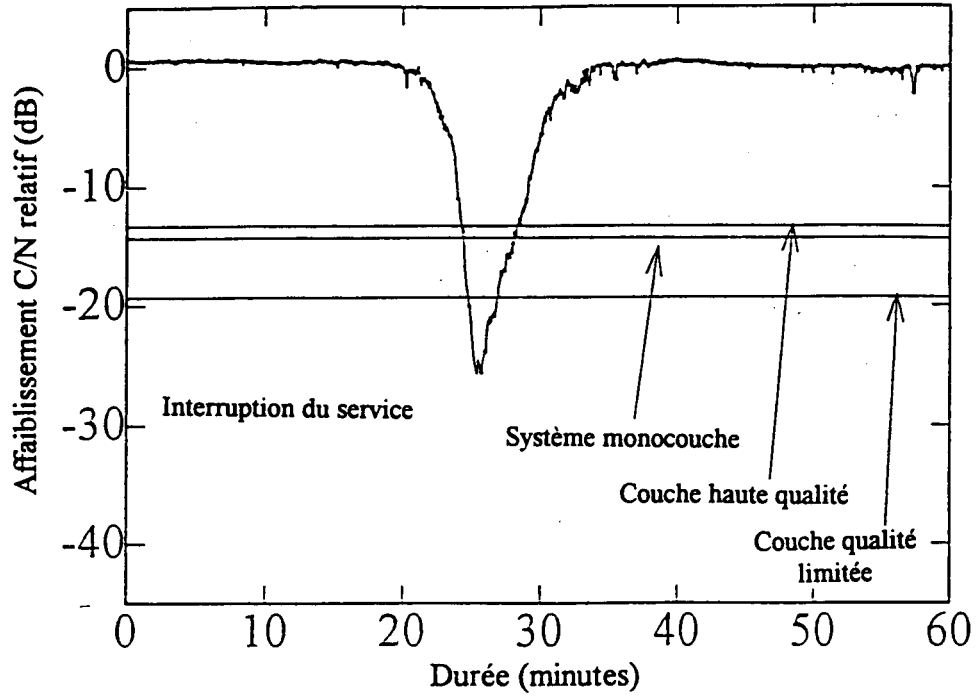
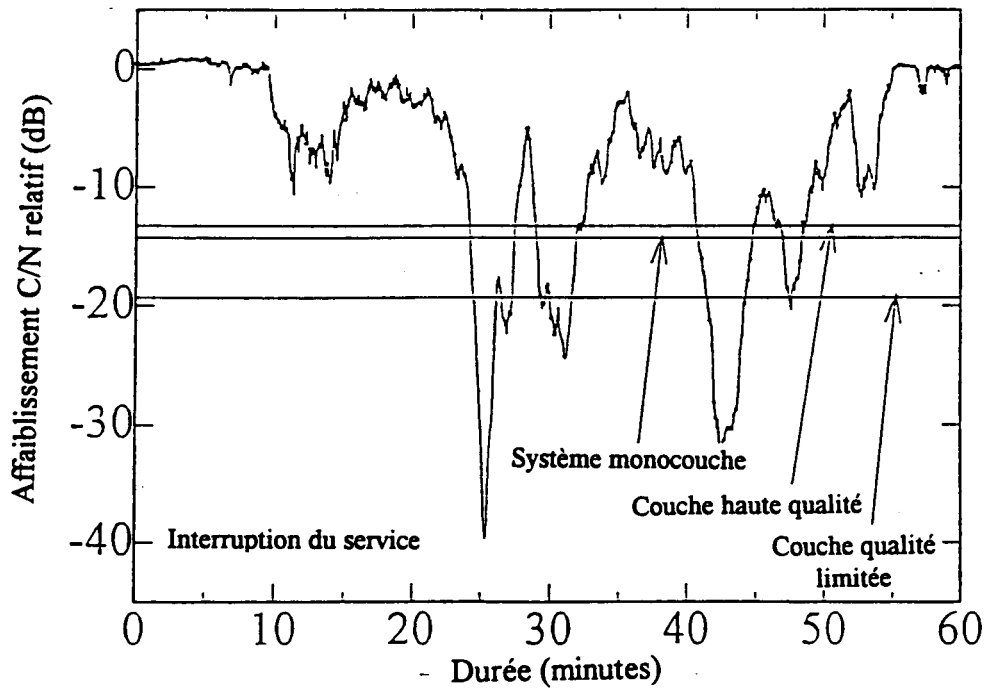




FIGURE 8  
Exemples d'évanouissement d0 à la pluie à 22 GHz



a) épisode orageux



b) épisode cyclonique

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- PALICOT, J. et VEILLARD, J. - Possible coding and modulation approaches to improve service availability for digital satellite broadcasting at 22 GHz (Méthodes possibles de codage et de modulation pour améliorer la disponibilité de service en télédiffusion numérique par satellite à 22 GHz), IEEE Transactions on Consumer Electronics, août 1993.
- PALICOT, J. et VEILLARD, J. - Possible channel coding and modulation system for the satellite broadcasting of a high-definition signal (Système possible de codage et de modulation pour la télédiffusion par satellite de signaux à haute définition). Image Communication Journal, numéro spécial ayant pour titre «Advances in High-Definition Television», septembre 1993.
- TSUZUKU, A., FUKUCHI, H., OHKAWA, M., OHUCHI et MORIKAWA, H. [1993] - Advanced satellite broadcasting experiment using Japon's R&D satellite COMETS (Expérience de télédiffusion avancée par satellite au moyen du satellite japonais COMETS de recherche et de développement), Proc. of the 23rd European Microwave Conference (EUMC'93), Madrid, Espagne, 6-9 septembre, pages 110 à 112.

## **ANNEXE 2**

### **Méthode de commande adaptative de la p.i.r.e. des satellites pour la télédiffusion par satellite dans la bande des 21 GHz**

#### **1 Introduction**

A 21 GHz, il semble difficile de mettre en œuvre des services de radiodiffusion directe par satellite avec des répéteurs conventionnels utilisant un seul tube à ondes progressives (TOP) par canal pour la totalité de la zone de service. Pour se prémunir contre l'affaiblissement dû à la pluie assez important dans cette bande, on serait obligé de prévoir dans le budget de liaison une marge de puissance trop importante.

La subdivision de la zone de service selon une série de faisceaux ponctuels permet d'utiliser des TOP de moindre puissance. De plus, ce concept permet de commander individuellement la puissance d'émission de chaque faisceau et donc de compenser les foyers locaux d'affaiblissement atmosphérique.

La présente Annexe décrit les aspects techniques d'une méthode de commande adaptative de la p.i.r.e. des satellites pour le service de télédiffusion par satellite dans la bande des 21 GHz.

#### **2 Principe de la méthode**

La zone de service est couverte par un faisceau modelé constitué par exemple de six faisceaux élémentaires comme le représente la Fig. 9. La puissance d'émission de chaque faisceau du satellite peut être modifiée dans les limites de la puissance totale disponible. La marge de puissance du satellite est ainsi considérée comme une ressource commune aux différents faisceaux. Cette ressource est répartie adaptativement entre les différents faisceaux en fonction de l'intensité des précipitations qu'ils interceptent.

### 3 Exemple

Les Tableaux 3 et 4 indiquent respectivement le paramétrage et le budget de liaison d'un système donné en exemple. Par temps clair, le système dessert uniformément la totalité de la zone de service et compense les affaiblissements dus aux météores gazeux jusqu'à 3 dB. Lorsqu'il pleut dans une zone donnée, la p.i.r.e. du faisceau correspondant est augmentée progressivement jusqu'à sa valeur maximale. Dans l'exemple donné, il est possible de compenser jusqu'à un total de 10 dB l'affaiblissement atmosphérique (3 dB par la marge prévue d'absorption gazeuse et 7 dB par la variation de la puissance d'émission du satellite, voir le Tableau 4).

Le schéma fonctionnel nominal de ce système de répéteur à p.i.r.e. variable est représenté à la Fig. 10.

L'accroissement de la p.i.r.e. est obtenu par un accroissement de la puissance de sortie des amplificateurs à tube à ondes progressives (ATOP) et le couplage en parallèle de deux ATOP. Comme le montre la Fig. 10, pour un faisceau ponctuel donné un groupe d'ATOP est directement relié à un cornet d'alimentation par l'intermédiaire du multiplexeur, sans réseau conformateur de faisceau. Cela permet de limiter l'affaiblissement et de ne pas concentrer toute la puissance en un point.

Avant d'introduire une méthode de commande adaptative de la p.i.r.e., il convient d'examiner les caractéristiques de distribution spatiale des précipitations. D'après les observations faites sur le terrain, les zones de fortes précipitations sont généralement plus petites que l'empreinte du faisceau de télédiffusion. Mais les zones de pluie peuvent être largement disséminées, non seulement à l'intérieur d'un même faisceau, mais sur plusieurs faisceaux.

La Fig. 11 donne un exemple de coefficients de corrélation spatiale des précipitations en Angleterre [Fukuchi, 1988]. Elle révèle qu'il n'existe pratiquement pas de corrélation avec les précipitations des zones éloignées du site de mesure. Par conséquent, la méthode de commande de la p.i.r.e. n'est efficace que dans le voisinage du site de mesure. Pour que la compensation de l'affaiblissement dû à de fortes pluies dans la bande soit plus efficace, les observatoires doivent être situés dans les zones densément peuplées. En d'autres termes, l'utilisation de données provenant d'emplacements de mesure à forte densité de population s'impose pour rendre vraiment efficace la méthode de commande adaptative de la p.i.r.e.

### 4 Résumé

La présente Annexe décrit un système de répéteur à p.i.r.e. à variation adaptative pour un service de télédiffusion par satellite à couverture nationale dans la bande des 21 GHz. Cette méthode est susceptible de garantir des images de haute qualité avec une continuité de service élevée grâce à l'accroissement de la puissance rayonnée vers les zones soumises à un affaiblissement dû à de fortes précipitations.

Le recours à de multiples ATOP d'une puissance relativement limitée et à une antenne à faisceaux ponctuels permet de réaliser un système de répétition fiable tout à fait réalisable, en ce qui concerne les sources dans les limites de puissance électrique disponible et de capacité de dissipation thermique [Shogen et autres, 1992 et 1993] qu'on peut trouver sur un satellite actuel.

Les sujets suivants appellent un complément d'étude:

- 1) antennes à faisceaux multiples;
- 2) TOP allégés à puissance variable;
- 3) techniques de combinaison de puissance radioélectrique;

- 4) combinaison avec la technique de dégradation progressive;
- 5) prise en compte de la disponibilité spatiale en plus de la disponibilité de durée du service;
- 6) efficacité de la méthode de commande de la p.i.r.e. sous de fortes précipitations locales (orages par exemple);
- 7) distribution optimale des sites de mesure et stratégie détaillée de commande de la p.i.r.e.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

FUKUCHI, H. [1988] - Spatial Correlation Properties of Rainfall Rate in UK (Corrélation spatiale des précipitations au Royaume-Uni), IEE Proc. Volume 135, Pt. H, pages 83 à 88.

SHOGEN, K., NISHIDA, H., MORISHITA, Y. [1992] - A Study on Variable e.i.r.p. System for 21 GHz Global Broadcasting Satellite (Etude d'un système à p.i.r.e. variable pour la télédiffusion mondiale par satellite à 21 GHz). Proc. of 18th ISTS, pages 1587 à 1594.

SHOGEN, K., NISHIDA, H., MORISHITA, Y. [1993] - A Variable e.i.r.p. System for 21 GHz Band Broadcasting Satellite (Système à p.i.r.e. variable pour la télédiffusion par satellite à 21 GHz). Proc. of 1993 MWE, pages 285 à 289.

FIGURE 9  
**Empreinte de 6 faisceaux**  
 (exemple du Japon)

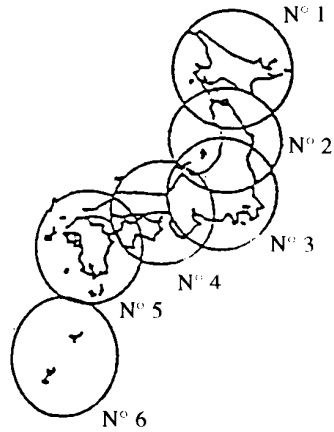


FIGURE 10  
 Schéma fonctionnel du système de répétition à p.i.r.e. variable

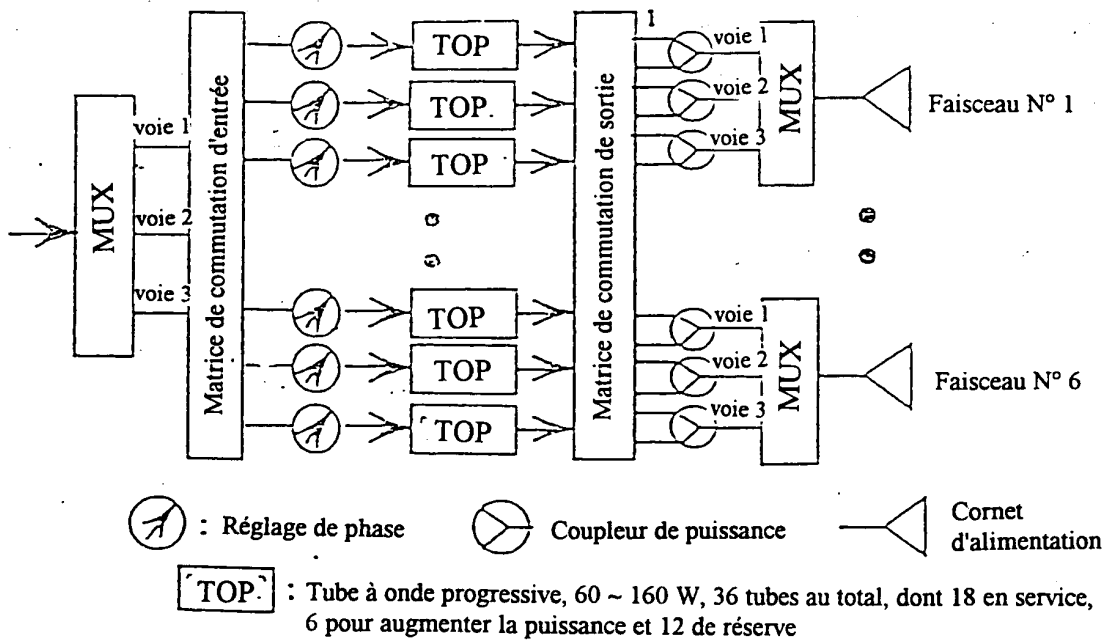


FIGURE 11  
Corrélation en fonction de la distance entre les précipitations de deux sites  
Durée d'intégration (5 min)

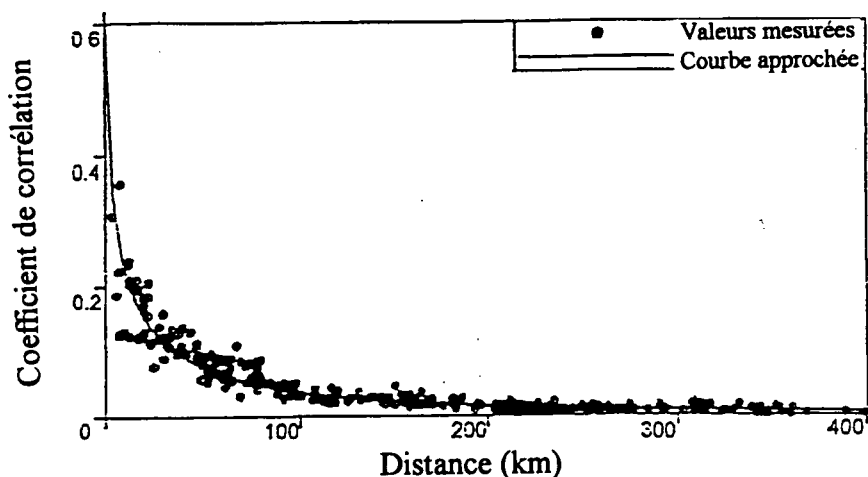


TABLEAU 3  
Paramètres supposés du système de télédiffusion directe par satellite à 21 GHz

Fréquence	21,4 ~22 GHz
Antenne de réception domestique	45 cm de diamètre
Facteur de bruit du convertisseur domestique	1,5 dB
Taux de disponibilité du service	99% du mois le plus défavorable
Rapport C/N total requis (1)	10 dB
Débit binaire utile	78,336 Mbit/s(2)
Modulation	MDP-4 à code convolutionnel 3/4
Débit binaire total(3)	104,448 Mbit/s
Largeur de bande à la fréquence de Nyquist	52,224 MHz
Nombre de canaux par satellite(4)	3
Taux d'erreur binaire requis	10 <sup>-8</sup>

- (1)  $E_b/N_0 = 5,2$  dB, dégradation du démodulateur = 2 dB, brouillage = 1 dB.
- (2) Image: 70 Mbit/s, son: 2 Mbit/s, données: 1,421 Mbit/s, code correcteur direct: 4,915 Mbit/s (CED:RS(255,239)).
- (3) Multiple entier du débit binaire de base de 2,048 Mbit/s.
- (4) Limite imposée par la puissance électrique disponible et de la capacité de dissipation thermique à bord.

TABLEAU 4

**Exemple de budget de liaison à Tokyo**

Paramètres du satellite		Temps clair	Temps pluvieux
Fréquence porteuse	(GHz)	22,0	
Puissance de l'émetteur	(W)	60	320
Gain de l'antenne d'émission	(dBi)	47	
Affaiblissement de ligne d'alimentation	(dB)	-4	
p.i.r.e.	(dBW)	60,78	68,05
<i>Facteurs de propagation</i>			
Affaiblissement en espace libre	(dB)	-210,87	
Affaiblissement par météores gazeux	(dB)	-3,14	
Affaiblissement dû à la pluie	(dB)	0	-6,73
<i>Système de réception</i>			
Diamètre d'antenne	(cm)	45	
Rendement d'antenne	(%)	70	
Affaiblissement de dépointage	(dB)	-1,0	
Température de bruit d'antenne	(°K)	144,12	233,21
Facteur de bruit du convertisseur	(dB)	1,5	
Température ambiante	(°C)	24,9	
Température de bruit équivalente	(°K)	122,89	
Largeur de bande de bruit (Nyquist)	(MHz)	52,224	
C/N sur liaison descendante	(dB)	11,69	10,98
C/N sur liaison d'alimentation	(dB)	30	
Affaiblissement C/N total	(dB)	11,63	10,93

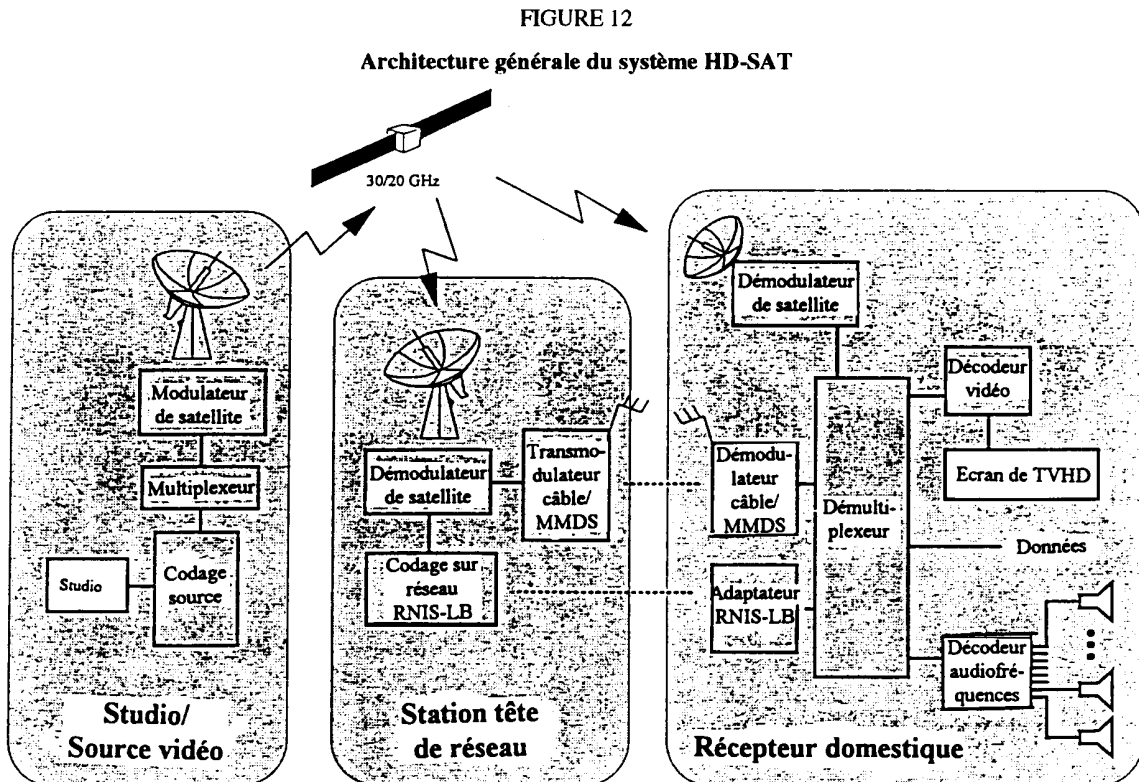
ANNEXE 3

**Schémas spectralement efficaces de codage et de modulation  
pour les applications de TVHD en large bande  
en distribution par câble et par satellite**

**1 Introduction**

HD-SAT [1] est un projet de recherche en cours, lancé en 1992, et conjointement financé par les partenaires du Consortium et par la Commission européenne (DG XIII) dans le cadre du programme RACE II. HD-SAT a pour but d'étudier, de développer et de démontrer la faisabilité d'une chaîne de télédiffusion complète, utilisant la retransmission par satellite à 30/20 GHz, pour fournir au téléspectateur à domicile une TVHD virtuellement de qualité studio, avec son multilingue/multivoie. Le «système» HD-SAT englobe la liaison montante du studio au satellite, la

réception directe du satellite à domicile, ainsi que la distribution secondaire par des réseaux de Terre, comme les réseaux câblés, les systèmes de distribution hertziens multipoints (MMDS) et les réseaux de communication intégrés à large bande en cours de développement. La Fig. 12 ci-dessous illustre l'architecture générale du système HD-SAT.



Le texte suivant, qui propose un «schéma spectralement efficace de codage et de modulation pour les applications de TVHD en large bande en distribution par câble et par satellite», s'articule autour des principaux éléments suivants :

- résumé des caractéristiques de base du service HD-SAT;
- introduction à la dégradation progressive dans la bande Ka en vue d'assurer la continuité du service;
- exemple d'un système à trois couches;
- introduction aux aspects d'interfonctionnement intervenant dans le projet, et plus particulièrement au «concept de récepteur commun» et à «l'interopérabilité avec les réseaux en câbles».

## 2 Caractéristiques du service

Des études portant sur les besoins des utilisateurs, et notamment une étude exhaustive qui a été transmise aux exploitants européens de réseaux par satellite, de réseaux de diffusion de Terre et de réseaux câblés, ont permis de cerner les spécifications et caractéristiques de service dans le projet HD-SAT.

Ces caractéristiques sont résumées ci-dessous :

- taux de disponibilité du service de 99,6% (mois le plus défavorable);
- meilleure qualité possible dans le format de TVHD (*qualité virtuelle de studio*);



- couverture européenne;
- petite antenne en réception domestique (60 à 90 cm);
- qualité de service entière pour l'utilisateur final branché sur un réseau en câble ou sur un réseau de distribution hertzienne multipoint (MMDS).

### **3 Continuité de service - dégradation progressive dans la bande Ka**

La transmission par satellite dans la bande des 20 GHz impose de contrebalancer efficacement les conditions défavorables de propagation qui y règnent, et qui se caractérisent par une dépolarisation atmosphérique et de profonds évanouissements dus à la pluie. La continuité de service est un problème clé qui appelle la mise en place de nouvelles solutions faisant intervenir une modulation de voies multicouche, afin de conférer une progressivité aux dégradations dues aux mauvaises conditions atmosphériques.

Contrairement aux systèmes analogiques dans lesquels les dégradations s'étendent progressivement, il est possible de passer en télévision numérique d'une réception virtuellement sans erreur à la perte complète de fonctionnement du décodeur d'images pour une dégradation du C/N de moins de 1 dB (l'effet mur de brique). En offrant la possibilité de recevoir des images de qualité moindre lorsque les conditions de transmission se détériorent, la technique de la dégradation numérique progressive peut contribuer à l'accroissement de la disponibilité du service.

L'objectif d'un schéma réussi de modulation pour les émissions de satellite est, tout en utilisant un minimum de la puissance disponible à bord et en n'exigeant qu'une antenne de réception domestique de faibles dimensions, de parvenir à assurer une continuité de service de 99,6% en Europe durant le mois le plus défavorable.

Le modem de satellite à dégradation progressive du système HD-SAT a été conçu selon le concept de multiplexage dans le temps de différentes techniques de modulation, qui nécessitent chacune un seuil différent de C/N pour que la démodulation des signaux soit possible. De cette façon, et à mesure que les conditions de propagation se détériorent, les couches de modulation nécessitant les plus fortes valeurs du C/N se perdent, mais les couches les plus robustes continuent à fonctionner. La synchronisation du modem est rendue plus simple si on attribue à chaque couche la même rapidité de modulation (27 Mbd/s).

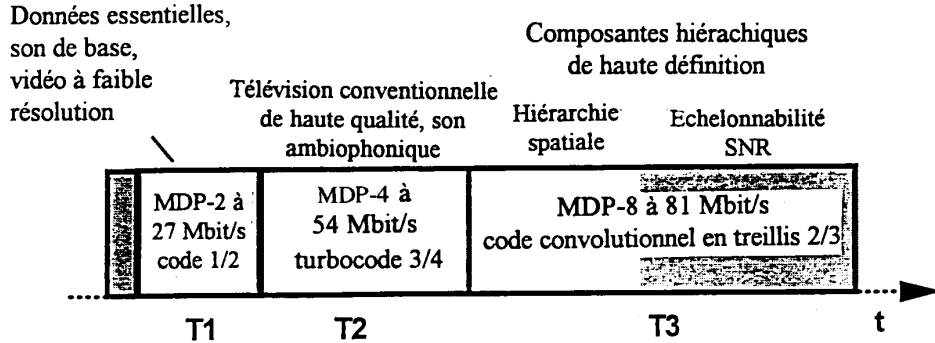
La Fig. 13 représente la «trame» de modulation d'une réalisation à trois couches.

Si on choisit par exemple le rapport  $T1:T2:T3 = 1:3:6$ , les débits binaires correspondants seront de 2,7 Mbit/s pour T1, 16,2 Mbit/s pour T2 et 48,6 Mbit/s pour T3, ce qui donne un débit binaire total de 67,5 Mbit/s.

La modulation de phase octovalente MDP-8 en combinaison avec un codage convolutionnel en treillis a été adoptée pour la couche supérieure de modulation du système HD-SAT, spectralement la plus efficace, mais aussi la moins robuste. Les schémas retenus pour les couches inférieures comprennent, pour la couche intermédiaire de service, la modulation de phase quadrivalente MDP-4 avec turbocodage ou un schéma classique de code convolutionnel avec un algorithme de Reed-Solomon concaténé, et, en mode repli de la couche inférieure de service, une modulation bivalente MDP-2.

Le turbocodage utilise des processus itératifs avec un schéma de concaténation de codes physiquement efficace. Le turbocodage appliqué à la modulation MDP-4 dans le système HD-SAT a donné un gain de codage significatif, un degré élevé d'indépendance par rapport à la décroissance du signal, en même temps qu'une bonne efficacité de transmission (en éliminant la nécessité d'un code de correction d'erreur directe CED) sur un canal non linéaire de satellite. Dans ces conditions, le rendement du canal approche la limite de Shannon.

FIGURE 13  
Exemple de codage hiérarchique d'un canal



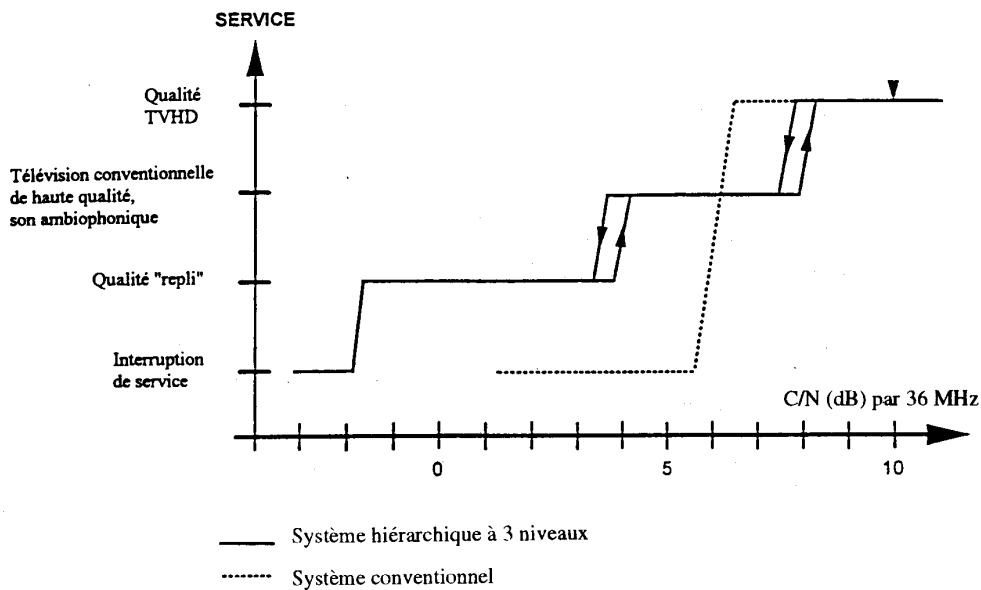
T1: turbocode 1/2

T2: turbocode 3/4 ou "code convolutionnel et algorithme de Reed-Solomon"

Un schéma de modulation offrant une marge d'affaiblissement de 12 dB environ entre le point de fonctionnement nominal par temps clair en mode TVHD et la perte complète de service a été proposé comme solution viable. De ces 12 dB, 9 dB sont assurés par le processus de dégradation progressive en lui-même, les 3 dB restants correspondant à la marge du point de fonctionnement d'une antenne de réception domestique "nominale".

La Fig. 14, qui représente le taux de disponibilité du service HD-SAT en fonction du C/N, illustre le processus de dégradation progressive et son efficacité.

FIGURE 14  
Fonctionnement du codage multivoies hiérarchique en fonction du C/N



#### 4 Codage des images (MPEG-2) et attribution des couches de modulation

Le système HD-SAT utilise le codage MPEG-2 (profil élevé à niveau élevé) avec le multiplexage, ce qui, entre autres fonctionnalités, offre les deux caractéristiques essentielles suivantes:

- hiérarchie spatiale et échelonnabilité SNR;
- compatibilité vers le bas.

La définition du codec et le fonctionnement du modem à dégradation progressive du satellite sont intimement liés. L'affectation des composantes appropriées du codec à la couche de modulation définira les services HD-SAT en mode de dégradation progressive.

Le système à trois couches ci-dessous a été choisi en premier lieu pour la multiplicité des niveaux de disponibilité qu'il offre lorsque les conditions de propagation sont moyennement à fortement dégradées, et aussi pour la capacité de ce système à interfonctionner avec les autres systèmes et moyens de communication.

TABLEAU 5  
Fonctionnement des couches

Première couche	Données essentielles, son et image à définition limitée	par exemple 1,5 Mbit/s
Deuxième couche	Son et image de télévision ordinaire de bonne qualité et données complémentaires	par exemple 10 Mbit/s
Troisième couche	Première sous-couche: données complémentaires à hiérarchie spatiale pour obtenir la qualité TVHD	par exemple 15 Mbit/s
	Deuxième sous-couche: informations complémentaires échelonnables SNR pour obtenir une TVHD virtuellement de la qualité studio	par exemple 20 Mbit/s

#### 5 Aspects de l'interfonctionnement

##### 5.1 Concept du récepteur commun

L'interfonctionnement entre les formats de la télévision et des autres moyens de communication pourrait être réalisé économiquement par le concept du *récepteur commun* (voir Fig. 15), qui permet aux utilisateurs de recevoir les programmes et les services véhiculés par divers moyens de communication grâce à un démultiplexeur, un décodeur source et un écran commun à tous ces moyens. Pour recevoir un de ces supports de communication, le récepteur commun utilise l'adaptateur/décodeur de canal approprié, qui envoie le flux de données de transport au format MPEG-2 commun à l'entrée du démultiplexeur.

##### 5.2 Interopérabilité avec les réseaux câblés

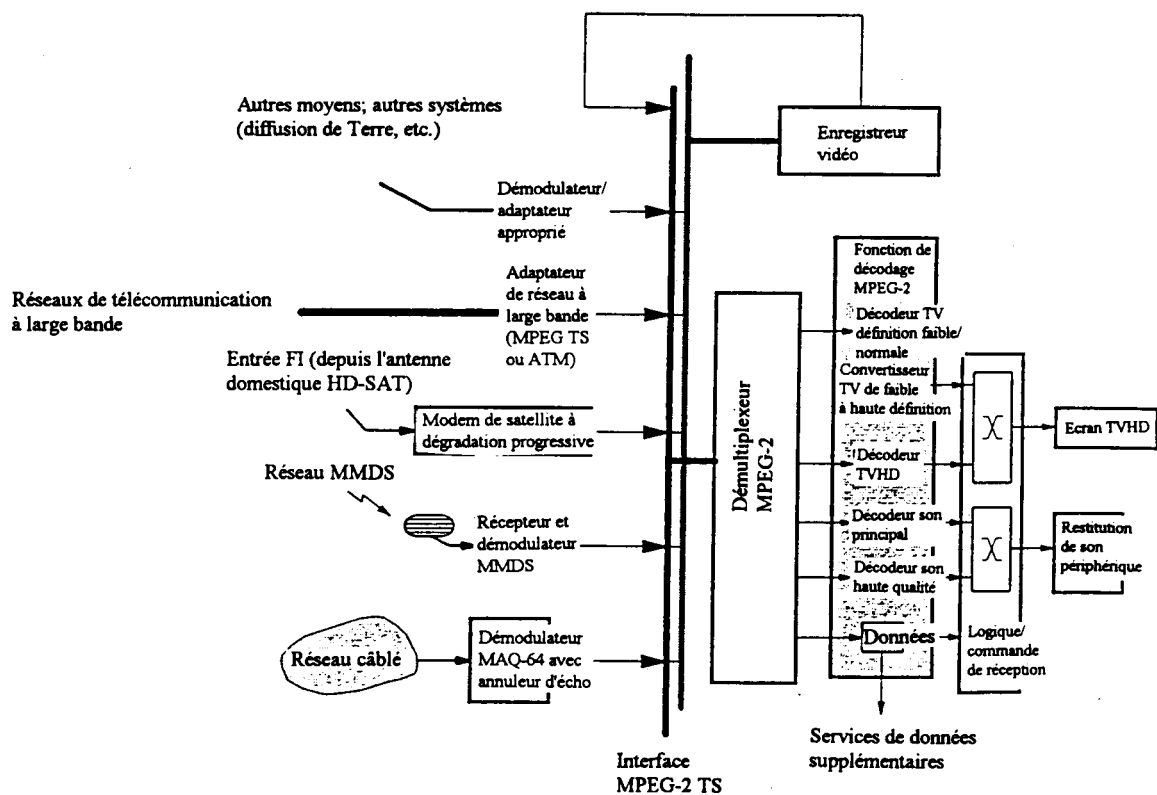
Les canaux des réseaux de télévision en câbles coaxiaux et les canaux des transpondeurs de satellite ont des caractéristiques très différentes. Ainsi, dans un canal en câble, la dégradation progressive n'est pas utile et n'y a pas sa place.

Au niveau de la station tête de réseau, il est nécessaire de procéder à une adaptation du flux de données de transport MPEG-2 du système HD-SAT pour optimiser l'utilisation de la largeur de

bande offerte par le câble. Le flux de transport MPEG-2 de base du système HD-SAT contient nécessairement certaines composantes supplémentaires pour assurer la fonction de repli de la continuité de service, composantes qui ne sont pas utilisées par le support s'il n'est pas prévu de dégradation progressive.

A cette fin, un *transmultiplexeur* MPEG-2 est installé entre le démodulateur du satellite et le modulateur du câble. Ce transmultiplexeur est en fait un «commutateur» MPEG-2 qui va admettre un (ou plusieurs) flux de transport MPEG-2 à son entrée, et remettre un (ou plusieurs) flux de transport MPEG-2 à sa sortie. Le transmultiplexeur est programmable et permet de réarranger les composantes et les programmes, ce qui, dans cette application, signifie le filtrage des composantes inutiles.

FIGURE 15  
Architecture du récepteur commun du système HD-SAT



La station tête de réseau est configurée de telle manière que le fonctionnement en modes dégradés progressifs n'est pas utilisé. En adoptant une antenne de dimensions environ quatre fois plus grandes qu'une antenne de réception domestique, on obtient une continuité de service de TVHD égale ou supérieure à la continuité globale obtenue avec une antenne domestique munie d'un dispositif de dégradation progressive. Les dimensions de l'antenne de la station tête de réseau serait de l'ordre de 2,5 m. Il est à noter que si le système est équipé d'une telle antenne, l'accroissement de disponibilité qui pourrait être obtenu en installant un dispositif de dégradation progressive serait négligeable.

Afin de multiplier le plus possible les éléments communs avec le système proposé par DVB, le système HD-SAT est enrichi d'un système de modulation d'amplitude en quadrature à 64 états (MAQ-64) pour transmission câblée, qui offre une capacité de 45 Mbit/s sur un canal de 8 MHz.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Le consortium HD-SAT regroupe 12 partenaires européens qui forment une équipe complète comprenant des diffuseurs, des instituts de recherche et des industriels: Alcatel espace - F (coordonateur), Alcatel Italia - I, Alenia Spazio - I, Cable Management International Services (CMIS) - IRL, Centre Commun d'Etudes de Télédiffusion et Télécommunications (CCETT) - F, Institut für Rundfunktechnik (IRT) - D, Radio televisione Italiana (RAI) - I, Télédiffusion de France (TDF) - F, Thomson CSF - F, University of Salford - UK, British Broadcasting Corporation (BBC) - UK, et l'Union Européenne de Radio-Télévision (partenaire de parrainage).

Un parrainage de soutien supplémentaire au consortium HD-SAT est fourni par: Deutsche Bundespost Telekom - D, l'Agence Spatiale Européenne, Telespazio - I, Radiotelevision Eireann - IRL.

---