

## RECOMMANDATION UIT-R BO.788-1\*

**Taux de codage de signaux de TVHD permettant d'obtenir une qualité quasi studio dans le service de radiodiffusion par satellite**

(Questions UIT-R 92/11 et UIT-R 100/11)

(1992-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la TVHD à large bande radiofréquence permet d'obtenir une qualité quasi studio;
- b) que le codage des signaux de TVHD numériques de qualité studio exige un taux de codage d'environ 1 Gbit/s pour des images entrelacées et d'environ 2 Gbit/s pour des images à balayage progressif;
- c) que, dans la pratique, il sera nécessaire pour les émissions par satellite d'abaisser fortement ces débits compte tenu de la demande en matière de spectre radiofréquence et d'autres aspects techniques et économiques;
- d) qu'il est possible, par codage de la source, d'obtenir une réduction du débit binaire qui pourrait, dans les meilleures conditions, donner une qualité d'image quasi studio et exempte de défaut perceptible résiduel dû au codage;
- e) que plusieurs administrations dans les trois Régions de l'UIT étudient plusieurs techniques de réduction du débit binaire;
- f) qu'il faudrait faire en sorte que les débits utilisés pour la diffusion par satellite de signaux de TVHD soient compatibles avec ceux des niveaux hiérarchiques des réseaux numériques, par exemple: 140 Mbit/s;
- g) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) a attribué les bandes de fréquences 21,4-22 GHz dans les Régions 1 et 3 et 17,3-17,8 GHz dans la Région 2 au service de radiodiffusion par satellite pour la TVHD,

*recommande*

- 1** à l'heure actuelle
  - d'utiliser un codage du signal vidéo à environ 110 Mbit/s lorsqu'il est nécessaire, pour la réception, d'émissions de TVHD du SRS, de disposer d'images de qualité quasi studio;
  - de réserver 10 à 30 Mbit/s supplémentaires pour la partie son, les données auxiliaires, le repérage, la synchronisation et la correction d'erreur en bande de base;
- 2** d'encourager les membres du Secteur des radiocommunications concernés par la mise au point de techniques de réduction du débit binaire à poursuivre leurs efforts afin d'atteindre la même qualité d'image avec des débits binaires inférieurs à 140 Mbit/s.

---

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

## ANNEXE 1

**Objectifs de qualité pour le codage numérique  
des images de TVHD de qualité quasi studio****1 Introduction**

Selon la présente Recommandation, actuellement, il serait possible d'obtenir avec un débit de 110 Mbit/s environ une qualité d'image de TVHD virtuellement transparente par rapport à celle obtenue avec un signal de studio actuel (qualité «quasi studio»).

En outre, elle invite à poursuivre les efforts de mise au point de techniques de réduction du débit binaire permettant d'obtenir la même qualité d'image avec des débits inférieurs.

L'objet de la présente Annexe est de fournir des informations techniques dans ce domaine.

**2 Qualité intrinsèque d'image**

Plusieurs techniques ont été mises au point pour abaisser le débit binaire dans les studios d'environ 1 Gbit/s (image entrelacée) à des valeurs susceptibles d'être transmises dans le SRS ou sur certains canaux radioélectriques. Parmi ces techniques, on peut citer:

- la transformée discrète en cosinus (DCT) hybride,
- le codage en sous-bande,
- la quantification vectorielle,

la transformée DCT étant l'algorithme le plus couramment utilisé. Toutes ces techniques font appel à la compensation de mouvement associée au codage de longueur variable ou à d'autres techniques de codage.

**2.1 Remarques générales sur les défauts dus au codage**

Les processus de réduction du débit binaire reposent sur l'élimination, dans une certaine mesure, de l'information redondante ou inutile du signal image (ou son) de studio. De ce fait, des défauts dus au codage sont inévitablement introduits. Le problème pour le concepteur de système est de faire en sorte qu'après application de l'algorithme de codage, ces défauts restent pratiquement imperceptibles dans des conditions d'observation bien définies. Pour certaines images critiques dont le contenu dynamique est important, il est possible que certains défauts soient visibles sur l'image décodée; par exemple, on peut constater une baisse de résolution pour les détails les plus fins, pour les informations diagonales et plus particulièrement sur le rendu dynamique du mouvement. Pour la transmission de haute qualité, il faut pouvoir disposer d'un débit suffisamment élevé afin d'obtenir dans la pratique une image exempte de dégradation dans des conditions de réception nominales pour une forte proportion du contenu d'image caractéristique des applications radiodiffusion.

En général, pour tout processus de réduction du débit binaire, on peut affirmer que la probabilité d'apparition de défauts perceptibles de l'image dus au codage est d'autant plus faible que le débit binaire de transmission utilisable est élevé. On peut aussi affirmer que, d'une manière générale, l'utilisation d'algorithmes de codage de l'image plus complexes permet de diminuer le débit tout en conservant la qualité d'image subjective souhaitable.

Pour transmettre un signal de radiodiffusion de TVHD, dont la qualité subjective est pratiquement équivalente à celle d'un signal de studio ou de production, la plupart des experts estiment actuellement qu'un débit de 110 à 120 Mbit/s est suffisant pour le codage du signal image. Dans ces conditions, la plupart des images (y compris celles dont le contenu dynamique est hautement critique) ne présenterait pas de défaut perceptible dû au codage. Il convient de noter que pour tout système de codage d'image avec réduction du débit binaire, on peut toujours trouver des images pour lesquelles le contenu dépasse les possibilités de traitement du système. Par exemple, une image composée d'un bruit gaussien blanc sera plus ou moins bien reproduite en raison de l'absence totale de corrélation de son contenu image.

## 2.2 Objectif concernant la télédiffusion par satellite de TVHD à large bande radio-fréquence

La qualité de service pour le service de radiodiffusion par satellite de TVHD à large bande RF doit viser à:

- offrir une qualité virtuellement transparente par rapport à celle obtenue avec le système de production en studio de TVHD. Cela implique en principe l'absence de dégradation perceptible de la résolution spatio-temporelle et de tout autre défaut dans l'image de TVHD observée à une distance égale à trois fois la hauteur d'image;
- offrir une qualité qui serait perçue par le téléspectateur comme étant subjectivement équivalente à celle de l'image et du son de TVHD tel qu'il est produit dans le studio.

Il faut noter que, jusqu'à présent, aucune méthode d'évaluation formelle n'a été adoptée pour quantifier la qualité d'image en TVHD (et d'image de la télévision à définition normale) à codage numérique avec réduction du débit. Il n'existe pas de définition réelle du terme «qualité quasi studio». On a tenté d'appliquer la méthode de l'UIT-R qui a été mise au point pour la télévision analogique (domaine relevant actuellement de la Commission d'études 6 des radiocommunications). Cette méthode détermine par évaluation subjective la différence moyenne entre les notes obtenues pour le test et les conditions de référence, au moyen de la méthode à double stimulus utilisant une échelle de qualité continue conformément aux conditions spécifiées dans la Recommandation UIT-R BT.500. Pour la distribution, le critère de la différence moyenne de 12% est souvent utilisé pour les systèmes analogiques conventionnels.

Certains doutes persistent en ce qui concerne la validité de la valeur de 12% pour la qualité quasi studio qui exige, tel que défini ci-dessus, des images subjectivement exemptes de défauts perceptibles. En outre, l'échelle de qualité n'est peut-être pas la méthode la plus représentative pour décrire les performances des systèmes de codage d'image avec réduction du débit binaire, lorsque, pour un algorithme donné, les défauts dus au codage dépendent du contenu réel de la séquence vidéo et du débit binaire maximal disponible et également lorsque les défauts peuvent être systématiques. La Commission d'études 6 des radiocommunications envisage d'évaluer la qualité des systèmes de TVHD en fonction du caractère critique du contenu des programmes et la probabilité d'apparitions de ces éléments critiques. Cela permettra également de définir «la caractéristique de fidélité de restitution de l'image» d'un système et donnera une mesure plus utile d'un système qu'une simple évaluation de la qualité. Les systèmes de TVHD à large bande RF sont supposés pouvoir transmettre toutes les images produites par une caméra ou par un système de production d'image représentative d'éléments de programme types.

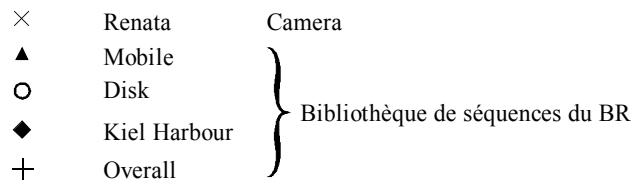
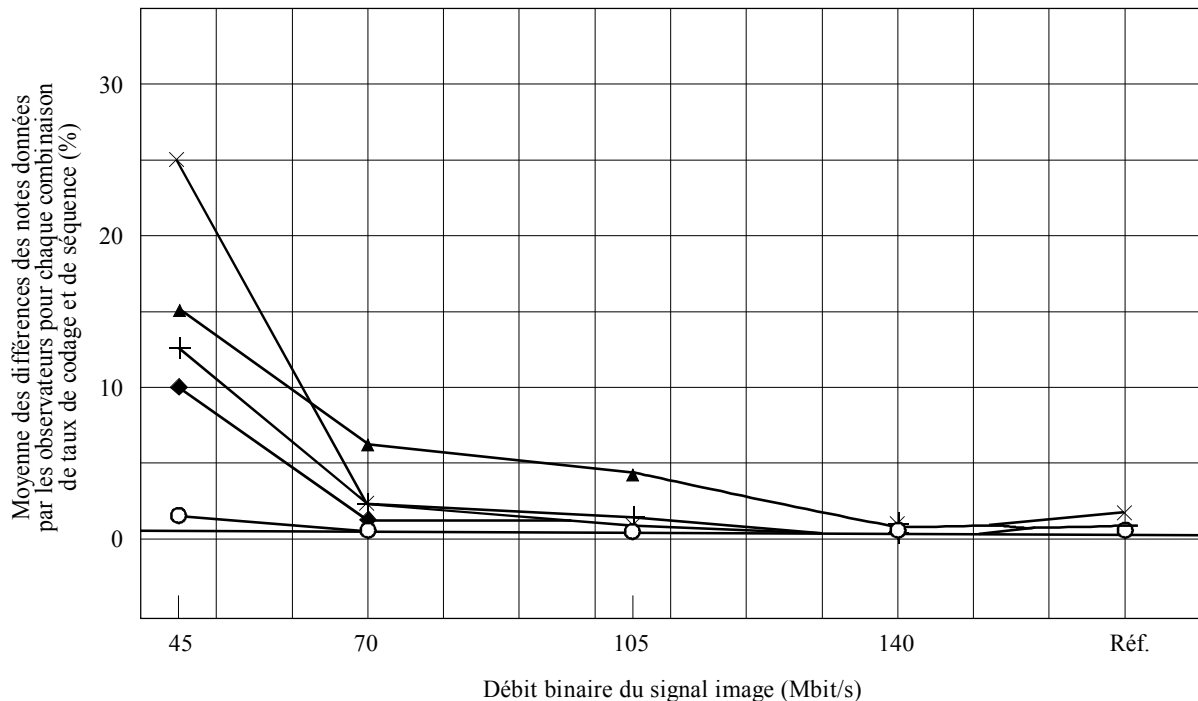
Un exemple de mesure entreprise par la RAI pour déterminer les performances du codec de TVHD EUREKA-256 est présenté ci-après afin d'illustrer la nécessité d'avoir une propre définition du terme «qualité quasi studio».

La Fig. 1 donne les résultats de certains tests d'évaluation formelle limitée (voir l'Appendice 1 pour les détails concernant les conditions de mesure). Elle montre, pour cinq séquences vidéo différentes,

la différence moyenne des notes entre des images décodées et non codées (studio) en fonction du débit binaire utilisé pour le signal image. A 140 Mbit/s, toutes les séquences ne présentent aucun défaut visible. A 105 Mbit/s, des défauts commencent à apparaître mais restent dans les limites de quelques pour cent des notes moyennes. Ces résultats semblent confirmer la validité de la valeur de 110 Mbit/s environ proposée dans la présente Recommandation. Il convient de noter que, si le critère habituel des 12% comme limite de la qualité pour les applications de distribution était appliqué, un débit d'environ 60 Mbit/s sera tout à fait suffisant.

FIGURE 1

Résultats des mesures de la qualité d'image sur codec de TVHD  
utilisé dans l'exemple (format de studio de TVHD 1 920/2:1/50;  
distance d'observation: 3H pour la TVHD)



D01

### 2.3 Nécessité d'une marge

La qualité offerte par les équipements de studio de TVHD produisant des images à l'intention du téléspectateur continuera de progresser au fur et à mesure que les caractéristiques de ces équipements s'améliorent. De même, la résolution des dispositifs d'affichage de TVHD continuera vraisemblablement d'augmenter. Les exigences du public en matière de qualité seront également plus grandes. Par conséquent, les performances annoncées pour la télédiffusion par satellite de TVHD devront suivre cette évolution. En outre, de nouveaux services pourront être introduits par la suite (stéréoscopie ou holographie, etc.). Il est donc nécessaire de prévoir une certaine marge pour prendre en considération tous ces développements possibles. On peut supposer que cette marge

dépendra des améliorations possibles apportées aux algorithmes de codage de la source. Ces algorithmes plus performants devront non seulement viser à réduire le débit binaire pour une qualité donnée, mais être également utilisés pour améliorer la qualité de reproduction imposée par les progrès enregistrés en matière d'équipement de studio et d'écran et également par de plus grandes exigences des téléspectateurs.

Le niveau de qualité défini ci-dessus sera nécessaire dans l'avenir pour la télédiffusion par satellite de TVHD à large bande radiofréquence afin d'offrir une qualité analogue à celle offerte par les autres supports de diffusion de TVHD tels que les réseaux à fibres optiques (par exemple, le RNIS-B) et les supports enregistrés (disques et cassettes, etc.). La télédiffusion par satellite de TVHD à large bande radiofréquence permet d'offrir la même qualité de service à tous les spectateurs situés dans une zone de service relativement étendue. La disponibilité d'une bande de fréquences utilisable pour ce service permettra la mise en œuvre de ce service dans de bonnes conditions, elle devrait permettre aussi d'obtenir le même niveau de qualité que celui offert par les autres supports de diffusion.

## **2.4 Récapitulatif des études actuelles**

Les simulations informatiques effectuées au Japon, aux Etats-Unis d'Amérique et en Europe sur un codage hybride DCT avec quantification vectorielle montrent qu'un débit d'environ 120 Mbit/s (vidéo uniquement) permet d'obtenir une qualité d'image excellente sans dégradation notable.

A 60 Mbit/s (vidéo uniquement) les simulations informatiques montrent que les techniques hybrides DCT avec compensation du mouvement permettent d'obtenir une bonne qualité d'image pour la plupart des éléments de programme avec cependant une légère dégradation pour certaines images test.

Une transmission test effectuée en Europe avec des équipements semble confirmer les études par ordinateur (voir également le § 2.2). Divers projets de recherche ont été lancés en Europe afin de poursuivre les études sur la télédiffusion de TVHD numérique. Pour la radiodiffusion par satellite, l'accent est mis sur les exigences de qualité définies dans la présente Recommandation (RACE 2075, HD-SAT), pour la diffusion de la TVHD numérique par voie hertzienne de Terre, les systèmes de codage doivent offrir la meilleure qualité (pas nécessairement la qualité studio) qu'il est possible d'obtenir compte tenu des contraintes de largeur de bande des canaux de télévision de Terre (RACE 2082-DTTB).

Des essais subjectifs sont en cours aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada sur quatre équipements numériques avec compression fonctionnant à des débits binaires de 20-25 Mbit/s (débit nominal du signal image: 17 Mbit/s) destinés à la diffusion de la TVHD numérique par voie hertzienne de Terre. Les opinions recueillies auprès de spectateurs non expérimentés font état d'une excellente qualité d'image sur une grande variété d'images fixes et de séquences dynamiques utilisant l'échelle de qualité continue de la méthode à double stimulus conformément aux conditions spécifiées dans la Recommandation UIT-R BT.500. Les différences moyennes entre les notes obtenues pour le test et le signal de référence de studio (1125/2:1/60 Hz) sont comprises entre 2% et 14%.

Compte tenu des études précitées, il convient de définir des procédures d'évaluation faisant appel à des sources vidéo appropriées pour des images de séquences de TVHD codées numériquement et de proposer une procédure normalisée unique pour l'évaluation subjective.

## **3 Conclusions concernant le codage de la source pour l'image**

Il existe un lien très étroit entre la qualité d'image demandée et le débit nécessaire pour le codage de l'image. Les simulations par ordinateur, l'évaluation des équipements et les tests dans des conditions réelles effectués jusqu'à présent ont montré qu'un débit voisin de 110 Mbit/s environ (pour la vidéo

seulement) répond aux conditions imposées pour obtenir la meilleure qualité possible (qualité quasi studio). Ce débit permettrait de disposer, grâce aux progrès à venir des techniques de compression, d'une marge utilisable pour futurs signaux de studio améliorés (à balayage progressif) et les techniques d'affichage améliorées.

Jusqu'à présent, il n'a pas été démontré que des débits très inférieurs à ce chiffre étaient compatibles avec la qualité la plus élevée. Les études en cours montrent que les techniques de codage permettraient éventuellement d'aboutir à des débits binaires en bande de base vidéo de l'ordre de 45 à 70 Mbit/s tout en répondant aux spécifications de qualité indiquées. Lorsque la stricte transparence de la qualité studio n'est pas exigée, c'est-à-dire si l'on accepte pour certaines images très critiques certains défauts perceptibles dus au codage, il sera certainement possible d'utiliser des débits de cet ordre, voire même inférieurs.

Toute amélioration des techniques de codage conduisant à l'utilisation de débits binaires inférieurs se traduira par une diminution correspondante de la largeur de bande des canaux radiofréquence nécessaire et par conséquent par une augmentation de la capacité en termes de canaux dans une bande de fréquences donnée du SRS.

## APPENDICE 1

### Détails des conditions de mesure pour le codec utilisé en exemple

Systeme:	EU256
Algorithme:	Transformée DCT hybride avec compensation du mouvement et codage par entropie (VLC)
Eléments de programme source:	5 séquences 4:2:2 produites numériquement et adaptées à la TVHD 1920/2:1/50
Conditions d'observation:	Moniteurs 4:2:2 de haute qualité à une distance de 3H de l'image de TVHD de qualité quasi studio
Technique:	Evaluation subjective conformément à la méthode de l'échelle de qualité continue à double stimulus décrite dans la Recommandation UIT-R BT.500
Observateurs:	Télespectateurs non expérimentés

## APPENDICE 2

### Liste des abréviations

RNIS-B:	RNIS à large bande
DCT:	Transformée discrète en cosinus
DTTB:	Radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre
EUREKA:	Programme de recherche européen
RACE:	Research and Development on Advanced Telecommunication Technologies in Europe
RAI:	Radio télévision italienne
VLC:	Codage de longueur variable

---