



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

J.147

(07/2002)

SÉRIE J: RÉSEAUX CÂBLÉS ET TRANSMISSION DES
SIGNAUX RADIOPHONIQUES, TÉLÉVISUELS ET
AUTRES SIGNAUX MULTIMÉDIAS

Mesure de la qualité de service

**Méthode de mesure objective de la qualité
d'image par utilisation des signaux de test en
service**

Recommandation UIT-T J.147

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE J
RÉSEAUX CÂBLÉS ET TRANSMISSION DES SIGNAUX RADIOPHONIQUES, TÉLÉVISUELS ET AUTRES
SIGNAUX MULTIMÉDIAS

| | |
|--|--------------------|
| Recommandations générales | J.1–J.9 |
| Spécifications générales des transmissions radiophoniques analogiques | J.10–J.19 |
| Caractéristiques de fonctionnement des circuits radiophoniques analogiques | J.20–J.29 |
| Équipements et lignes utilisés pour les circuits radiophoniques analogiques | J.30–J.39 |
| Codeurs numériques pour les signaux radiophoniques analogiques | J.40–J.49 |
| Transmission numérique de signaux radiophoniques | J.50–J.59 |
| Circuits de transmission télévisuelle analogique | J.60–J.69 |
| Transmission télévisuelle analogique sur lignes métalliques et interconnexion avec les faisceaux hertziens | J.70–J.79 |
| Transmission numérique des signaux de télévision | J.80–J.89 |
| Services numériques auxiliaires propres aux transmissions télévisuelles | J.90–J.99 |
| Prescriptions et méthodes opérationnelles de transmission télévisuelle | J.100–J.109 |
| Services interactifs pour la distribution de télévision numérique | J.110–J.129 |
| Transport des signaux MPEG-2 sur les réseaux par paquets | J.130–J.139 |
| Mesure de la qualité de service | J.140–J.149 |
| Distribution de la télévision numérique sur les réseaux locaux d'abonnés | J.150–J.159 |
| IPCablecom | J.160–J.179 |
| Divers | J.180–J.199 |
| Application à la télévision numérique interactive | J.200–J.209 |

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T J.147

Méthode de mesure objective de la qualité d'image par utilisation des signaux de test en service

Résumé

La présente Recommandation présente une méthode de mesure objective de la qualité d'image qui fait appel à des signaux de test en service dans un réseau de télévision numérique. Cette méthode comporte trois étapes:

- a) la production d'un signal de test du côté transmission en utilisant la méthode du marqueur invisible;
- b) la détection du signal de test aux points de mesure; et
- c) la mesure de la qualité d'image en utilisant le résultat de la détection du signal de test. Une implémentation pratique de cette méthode est décrite dans l'Appendice I, tandis que les paramètres de production des signaux de test en service et les résultats obtenus par cette méthode sont respectivement décrits dans les Appendices II et III.

Source

La Recommandation J.147 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 9 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 29 juillet 2002 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2002

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|--|--|
| 1 | Domaine d'application 1 |
| 2 | Références..... 1 |
| 2.1 | Références normatives..... 1 |
| 2.2 | Références informatives 1 |
| 3 | Termes, définitions et acronymes 1 |
| 4 | Prescriptions d'utilisateur..... 2 |
| 5 | Méthode recommandée..... 2 |
| Appendice I – Description de la méthode..... 3 | |
| I.1 | Insertion des marqueurs..... 3 |
| I.2 | Détection des marqueurs 5 |
| I.3 | Mesure de la qualité d'image à partir des résultats de la détection des marqueurs 6 |
| Appendice II – Paramètres à utiliser pour la génération des signaux de test en service 6 | |
| II.1 | Intensité du marqueur 6 |
| II.2 | Bit inséré..... 7 |
| II.3 | Nombre de bits insérés dans un bloc 7 |
| II.4 | Taille des blocs 7 |
| II.5 | Séquences de pseudo-bruit 7 |
| II.6 | Transformée orthogonale et manipulation de ces coefficients 7 |
| II.7 | Évaluation de la qualité d'image à partir du taux de fausse détection (FDR, <i>false detection rate</i>) 8 |
| Appendice III – Évaluation de la qualité de fonctionnement 8 | |
| III.1 | Conditions expérimentales 8 |
| III.2 | Résultats expérimentaux..... 9 |
| III.2.1 | Précision de l'estimation 10 |
| III.2.2 | Dégradation de l'image originale causée par l'insertion des marqueurs..... 10 |

Introduction

Les méthodes à références réduites (RR) et sans référence (NR, *no reference*), qui sont actuellement à l'étude au sein d'un organisme indépendant, devraient faire l'objet d'une future Recommandation portant sur une méthode de mesure objective de la qualité d'image perçue qui ne nécessite pas des images de référence.

Dans la présente Recommandation, on préconise l'utilisation d'une méthode différente des méthodes RR ou NR pour mesurer la qualité d'image qui ne fait pas appel à des images de référence, mais qui utilise les signaux de test en service. Ces signaux sont insérés dans la zone d'image active des signaux de télévision en utilisant la technique du marqueur invisible. Les signaux de télévision avec les signaux de test sont transmis vers le côté réception et les signaux de test sont extraits des images reçues. La dégradation des signaux de test est mesurée afin d'évaluer la dégradation de la qualité d'image. Cette méthode ne nécessite pas de circuits additionnels pour les informations de référence car cette information est déjà intégrée dans les images transmises.

On pourra également utiliser cette méthode pour les signaux audio afin de vérifier que le son et la vidéo sont correctement associés dans un environnement multicanal, que le son et la vidéo sont correctement synchronisés, et détecter toute asynchronie, ce qui est en dehors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Recommandation UIT-T J.147

Méthode de mesure objective de la qualité d'image par utilisation des signaux de test en service

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit une méthode de mesure objective de la qualité d'image qui fonctionne automatiquement comme un système de surveillance de la qualité dans un réseau de télévision numérique et qui fait appel à des signaux de test en service. Ces signaux de test en service sont utilisés pour des applications telles que la transmission vidéo entre deux points différents. Cette méthode est applicable à la transmission avec ou sans compression et peut en particulier être utilisée lorsqu'une compression avec perte est appliquée à la chaîne de transmission, car la dégradation causée par la compression occulte la dégradation causée par les signaux de test eux-mêmes. Lorsque le rapport PSNR (signal de crête/bruit) doit être évalué au moyen de cette méthode, il est intéressant d'adapter l'intensité des signaux de test au débit binaire de compression (voir l'Appendice III). Cette méthode est applicable par exemple, à la transmission entre studios et à la diffusion vers des téléviseurs.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et texte suivant qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut d'une Recommandation.

2.1 Références normatives

- Recommandation UIT-T J.143 (2000), *Prescriptions d'utilisateur relatives aux mesures objectives de la qualité vidéo perçue en télévision numérique par câble.*

2.2 Références informatives

- Recommandation UIT-T J.144 (2001), *Techniques de mesure de la qualité vidéo perçue pour la télévision numérique par câble en présence d'un signal de référence complet.*
- Recommandation UIT-R BT.656-4 (1998), *Interfaces pour les signaux vidéo numériques en composantes dans les systèmes de télévision à 525 lignes et à 625 lignes fonctionnant au niveau 4:2:2 de la Recommandation UIT-R BT.601 (Partie A).*

3 Termes, définitions et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

| | |
|------|---|
| DEC | décodeur |
| ENC | codeur (<i>encoder</i>) |
| FDR | taux de fausse détection (<i>false detection rate</i>) |
| PSNR | rapport signal de crête/bruit (<i>peak signal-to-noise ratio</i>) |

WHT transformée de Walsh-Hadamard (*Walsh-Hadamard transform*)

XOR OU exclusif (*exclusive OR*)

4 Prescriptions d'utilisateur

Les prescriptions d'utilisateur pour les méthodes de mesure de la qualité vidéo perçue sont données dans la Rec. UIT-T J.143.

5 Méthode recommandée

La configuration de la chaîne de transmission prise pour hypothèse est représentée à la Figure 1. Dans cette figure on montre les connexions en série des équipements de transmission (codeurs et décodeurs). Chaque connexion simple peut recevoir des signaux compressés ou non compressés. Il peut aussi y avoir une combinaison de connexions avec transmission compressée et transmission non compressée.

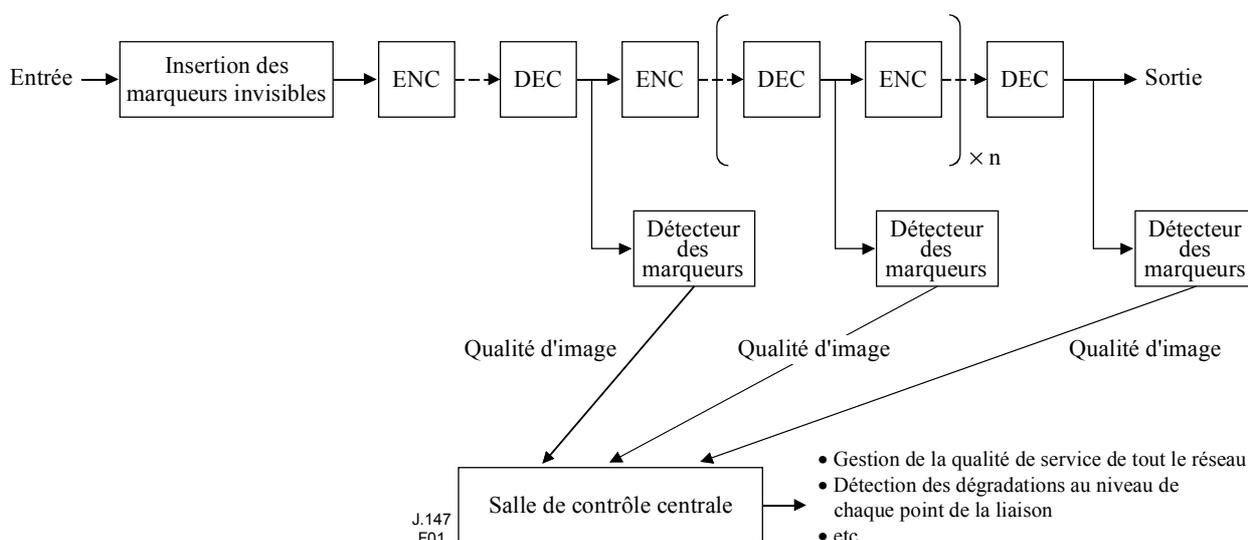


Figure 1/J.147 – Configuration de la chaîne de transmission

Les signaux de test en service sont intégrés aux images et sont détectés à chaque point de la liaison de la connexion en série. Le résultat de l'évaluation de la qualité objective de l'image au niveau de chaque point de mesure est transmis vers la salle de contrôle central via un circuit spécialisé de télésurveillance distinct de celui utilisé pour la transmission vidéo. Etant donné que la qualité de l'image en chaque point de la liaison peut être observée au niveau de la salle de contrôle, les opérateurs du réseau peuvent localiser le point où il y a eu dégradation de la qualité d'image (c'est-à-dire le problème de transmission).

Pour pouvoir surveiller la qualité de l'image dans cette configuration, il faut:

- un signal de test en service intégré aux images source;
- un système de détection des signaux de test extraits des images reçues;
- un système d'évaluation de la qualité d'image à partir des résultats de la détection des marqueurs.

L'Appendice I décrit une implémentation pratique d'un système de ce type.

Appendice I

Description de la méthode¹

I.1 Insertion des marqueurs

Des marqueurs invisibles sont insérés dans les zones d'image active du signal vidéo. Les données auxiliaires du signal vidéo (par exemple ceux définis dans la Rec. UIT-R BT.656-4) doivent être transmises de manière transparente.

L'insertion des marqueurs est effectuée au niveau de chaque bloc de pixels. Le choix du bit et du nombre de blocs dans lequel le marqueur est inséré est arbitraire. Il est toutefois recommandé d'insérer les marqueurs dans tous les blocs d'une trame/image lorsque la mesure de la dégradation doit être faite sur une trame/image entière.

La procédure d'insertion des marqueurs est illustrée à la Figure I.1. On désigne par $x_B(n)$ le signal d'entrée subdivisé en blocs de pixels. Tout d'abord, le spectre du signal $x_B(n)$ subit un étalement par multiplication par une séquence de pseudo-bruit (PN); on calcule ensuite les coefficients de la transformée $X_{SS}[s]$ par transformée orthogonale. Les marqueurs invisibles sont insérés en choisissant une composante de fréquence arbitraire s_i et en manipulant les composantes en amplitude A_i conformément au bit_i inséré et l'intensité du marqueur M_i . La relation entre A_i , le bit_i inséré et M_i est représentée dans les Tableaux I.1 et I.2.

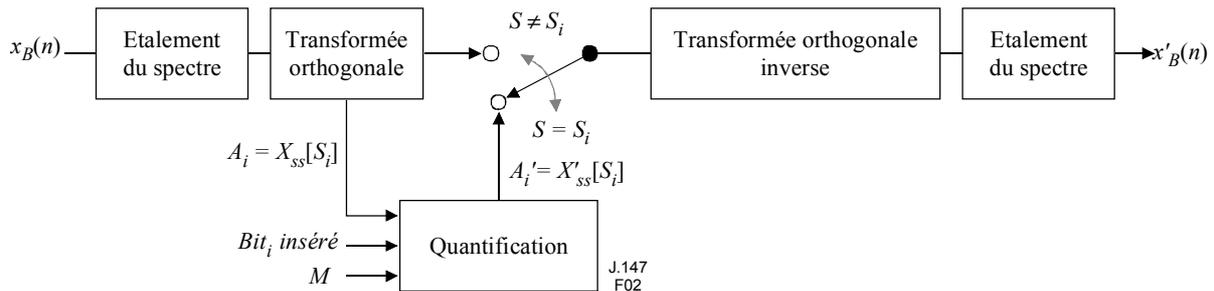


Figure I.1/J.147 – Intégration des marqueurs

Tableau I.1/J.147 – Relation entre A_i , le bit_i inséré et M_i

| | bit_i inséré = 0 | bit_i inséré = 1 |
|-----------------------------------|--|--|
| $\text{entier}(A_i / M) = 2m$ | $\left(2m + \frac{1}{2}\right)M$ | $\left(2m - \frac{1}{2}\right)M$ si $A_i < \left(2m + \frac{1}{2}\right)M$ $\left(2m + \frac{3}{2}\right)M$ dans les autres cas |
| $\text{entier}(A_i / M) = 2m + 1$ | $\left(2m + \frac{1}{2}\right)M$ si $A_i < \left(2m + \frac{3}{2}\right)M$ $\left(2m + \frac{5}{2}\right)M$ dans les autres cas | $\left(2m + \frac{3}{2}\right)M$ |

¹ Il s'agit d'une implémentation pratique parmi d'autres.

Tableau I.2/J.147 – Relation entre A_i , le bit_i inséré et M_i

| | bit_i inséré = 0 | bit_i inséré = 1 |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| arrondi(A_i / M) = $2m$ | $2mM$ | $(2m + 1)M$ si $A_i < 2mM$ |
| | | $(2m - 1)M$ dans les autres cas |
| arrondi(A_i / M) = $2m + 1$ | $(2m + 2)M$ si $A_i < (2m + 1)M$ | $(2m + 1)M$ |
| | $2mM$ dans les autres cas | |

Dans les Tableaux I.1 et I.2, m est un entier arbitraire, les valeurs du bit_i inséré et de M_i étant aussi arbitraires. entier(x) est une fonction qui tronque la valeur réelle de x et arrondi(x) est la fonction qui arrondit la valeur réelle de x à la valeur supérieure ou la valeur inférieure. La différence entre la fonction entier(x) et arrondi(x) est illustrée aux Figures I.2 et I.3. Les Tableaux I.1 et I.2 peuvent être appliqués à l'insertion des marqueurs, mais il est recommandé d'utiliser le Tableau I.1 lorsque l'amplitude A_i est toujours positive ($A_i > 0$). Par ailleurs, si A_i peut être négatif, il est recommandé d'utiliser le Tableau I.2.

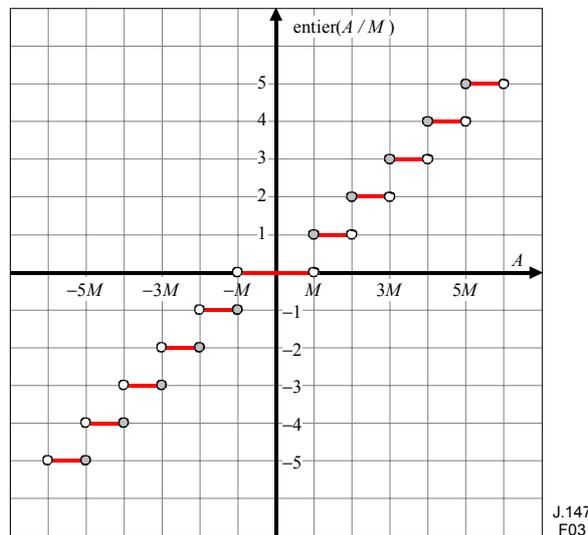


Figure I.2/J.147 – Définition de entier(x)

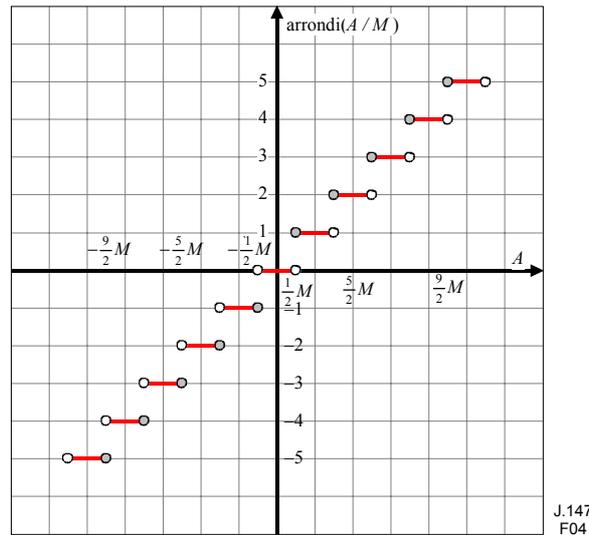


Figure I.3/J.147 – Définition de $\text{arrondi}(x)$

Lorsqu'on insère plusieurs marqueurs, c'est-à-dire lorsque $N_m > 1$, une valeur différente du bit_i inséré et de M_i peut être appliquée à chaque composante i . Après avoir appliqué au coefficient de la transformée les procédures ci-dessus, on effectue une transformée orthogonale inverse et un étalement inverse du spectre pour obtenir finalement le signal dans le domaine espace $x'_B(n)$.

I.2 Détection des marqueurs

Les marqueurs invisibles sont détectés du côté réception et en chaque point de la liaison de la chaîne de transmission (voir la Figure I.4). Du côté détection, on applique un des groupes de formules suivants à A_i'' pour la détection d'un bit inséré:

$$\begin{aligned} \text{entier}(A_i'' / M) = \text{pair} &\rightarrow bit_i \text{ détecté} = 0 && \text{si on applique le Tableau I.1 pour l'insertion} \\ \text{entier}(A_i'' / M) = \text{impair} &\rightarrow bit_i \text{ détecté} = 1 \\ \text{arrondi}(A_i'' / M) = \text{pair} &\rightarrow bit_i \text{ détecté} = 0 && \text{si on applique le Tableau I.2 pour l'insertion} \\ \text{arrondi}(A_i'' / M) = \text{impair} &\rightarrow bit_i \text{ détecté} = 1 \end{aligned}$$

dans lesquels A_i'' désigne les composantes d'amplitude du signal de l'image reçue après étalement du spectre. Après détection du bit_i détecté d'information binaire contenu dans l'image reçue, le bit_i inséré et le bit_i détecté sont comparés. Si ces deux bits sont différents, c'est-à-dire si:

$$\text{XOR}(bit_i \text{ inséré}, bit_i \text{ détecté}) = 1$$

où XOR (a, b) désigne l'opérateur OU exclusif appliqué au symbole binaire a et au symbole binaire b , on suppose que le bloc a fait l'objet d'une fausse détection. La fausse détection indique que le coefficient de la transformée A_i'' a subi une modification bien supérieure à celle du marqueur d'intensité M_i et donc que le signal marqueur et le signal vidéo sont dégradés par la transmission. Ainsi, la dégradation du signal vidéo peut être détectée sur la base du résultat de la détection des signaux marqueurs.

Afin de comparer les bits insérés et les bits détectés, le s_i , M_i , bit_i inséré et l'information identifiant le bloc dans lequel le marqueur est inséré doivent être connus aussi bien du côté émission que de

chaque point de la liaison. De plus, la séquence de pseudo-bruit utilisée pour l'étalement du spectre doit être commune à tous les points de mesure.

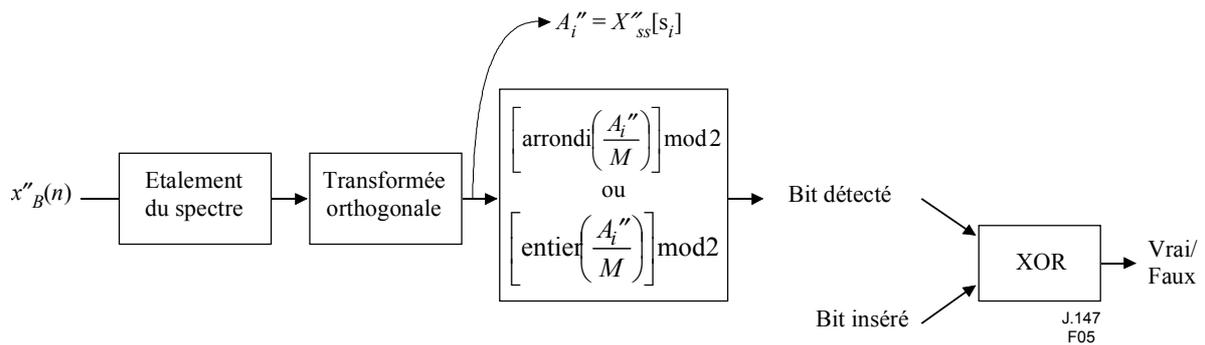


Figure I.4/J.147 – Détection des marqueurs

I.3 Mesure de la qualité d'image à partir des résultats de la détection des marqueurs

La mesure de la qualité de l'image de chaque trame/image est effectuée sur la base du résultat de la détection des marqueurs. Une méthode arbitraire peut être utilisée pour évaluer la qualité de l'image. Dans le présent paragraphe, on donne un exemple dans lequel le FDR (*false detection rate*, taux de mauvaise détection) des marqueurs sert d'indice simple de dégradation des marqueurs.

Le taux FDR est défini comme suit:

$$\text{FDR} = \frac{\text{Nombre de blocs mal détectés dans une trame (ou champ)}}{\text{Nombre de blocs dans une trame}}$$

Le rapport PSNR est l'un des indices de qualité d'image qui présente une bonne corrélation avec le taux FDR. Le rapport PSNR estimé est exprimé comme suit:

$$\text{PSNR estimé} = f(\text{FDR})$$

dans laquelle f est la fonction de corrélation. La formule ci-dessus montre l'estimée du rapport PSNR d'une trame/image; toutefois, le rapport PSNR moyen d'un certain nombre de trames/images peut être estimé lorsque le taux FDR est remplacé par le taux FDR moyen.

Il est possible d'étendre cette méthode à la détection de problèmes qui affectent le flux de transmission (par exemple, en-tête de paquet, etc.).

Appendice II

Paramètres à utiliser pour la génération des signaux de test en service²

II.1 Intensité du marqueur

L'intensité du marqueur M_i est un paramètre important pour les marqueurs insérés. M_i est appelé "intensité" du marqueur car la puissance du signal marqueur augmentera avec M_i . Étant donné que le signal des marqueurs sera un bruit pour les images originales, il est souhaitable que son intensité soit aussi faible que possible. Toutefois, si l'intensité du marqueur n'est pas suffisante, il est possible que le signal du marqueur ne puisse pas être distingué du bruit causé par la transmission lorsque la dégradation causée par la transmission est importante. L'intensité du marqueur est donc déterminée

² Cela renvoie à l'implémentation particulière décrite dans l'Appendice I.

en tenant compte de la configuration de la chaîne de transmission, et d'un compromis entre la précision souhaitée de l'estimation et la dégradation due au marqueur.

II.2 Bit inséré

Des séquences arbitraires peuvent être utilisées pour les bits insérés car elles sont utilisées uniquement pour les comparaisons avec les bits détectés. Il est recommandé d'utiliser des séquences composées uniquement de 0 ou de 1 pour les bits insérés pour des raisons de facilité d'implémentation. Etant donné que les signaux de marqueur ne sont pas tolérants contre les "attaques" (par exemple, dans le cas de la compression MPEG-2) et n'assurent pas la détection complète, l'intégration de l'information ciblée n'est pas souhaitable. Il est recommandé d'utiliser l'information insérée uniquement pour les mesures de qualité d'image.

II.3 Nombre de bits insérés dans un bloc

Un nombre arbitraire de bits insérés N_m est disponible. L'augmentation de ce nombre conduit à une augmentation du nombre de bits insérés dans une trame/image et par conséquent à une augmentation de l'information de référence. La mesure de la qualité d'image devient alors plus précise mais la dégradation des images originales augmente aussi.

II.4 Taille des blocs

Un nombre arbitraire de pixels peut être choisi pour les parties verticale et horizontale du bloc de pixels dans lequel le marqueur est inséré. Toutefois, afin de faciliter l'implémentation, il est recommandé de choisir une taille telle que l'algorithme de calcul rapide puisse être appliqué (par exemple: 2^n pixels pour la transformée de Fourier rapide (FFT, *fast Fourier transform*)). Pour une mesure précise de la qualité d'image, il est recommandé de choisir la même taille de bloc que celle utilisée par l'algorithme de compression/codage lorsqu'il y a compression du signal dans la chaîne de transmission.

II.5 Séquences de pseudo-bruit

Une séquence de pseudo-bruit est une séquence aléatoire composée d'éléments 1 ou -1 (par exemple, $[1, 1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, -1, \dots]$). Une méthode arbitraire peut être appliquée pour générer la séquence de pseudo-bruit; toutefois, les images d'origine doivent être étalées aussi aléatoirement que possible pour obtenir une évaluation précise de la qualité d'image. Une séquence de pseudo-bruit longue, de longueur au moins égale au nombre de pixels dans un bloc est par conséquent nécessaire.

II.6 Transformée orthogonale et manipulation de ces coefficients

Tout comme pour la transformée orthogonale, une méthode arbitraire peut être appliquée, telle la transformée en cosinus discrète (DCT, *discrete cosine transform*) ou la transformée de Walsh-Hadamard (WHT, *Walsh-Hadamard transform*). Il convient de noter que cette transformation est appliquée aux composantes d'amplitude. Lorsque les coefficients de la transformée ont des composantes de phase comme les coefficients de transformée de Fourier discrètes (DFT, *discrete Fourier transform*) seules les composantes en amplitude doivent être traitées tandis que les composantes de phase ne sont pas modifiées.

II.7 Evaluation de la qualité d'image à partir du taux de fausse détection (FDR, *false detection rate*)

La relation entre le FDR et la qualité d'image est différente de la configuration de la chaîne de transmission. Lorsqu'on utilise une compression MPEG-2 on a:

$$MSE \approx 2 \left[\frac{\ln(FDR)}{M_i} \right]^2$$

par conséquent, la relation entre le taux FDR et le rapport PSNR est donnée par la formule suivante:

$$PSNR = a \log(\ln(FDR)) + b$$

dans laquelle a et b dépendent de l'implémentation du codec, et en particulier de la spécification de la quantification. Ces constantes peuvent être obtenues par expérimentation préliminaire en utilisant des images de référence.

Appendice III

Evaluation de la qualité de fonctionnement³

III.1 Conditions expérimentales

Six séquences de tests avec marqueurs invisibles sont codées au moyen d'un codec MPEG-2 TM5 et le rapport signal de crête/bruit (PSNR) et le taux de fausse détection (FDR) sont mesurés sur les images décodées pour obtenir la relation entre le taux FDR et le rapport PSNR. La dégradation de l'image originale est également examinée.

Le Tableau III.1 présente les conditions de la simulation. La méthode proposée peut être appliquée à l'estimation des composantes de luminance et de chrominance; toutefois, dans cette expérimentation, les marqueurs sont insérés seulement dans la composante de luminance et l'estimation porte donc sur le rapport PSNR de la composante luminance.

Tableau III.1/J.147 – Conditions expérimentales

| | |
|--------------------------------------|---|
| Séquences de test (Note) | Majorettes, Flamants roses, Feuilles vertes, Marche, Mobile et Calendrier, Football |
| Taille d'image | 704(H) × 480(V) |
| Format | 4:2:2, 30 fps |
| Codec | MPEG-2 Test Model 5 |
| Débit binaire | a) 10, 20, 30, 40 Mbit/s b) 6, 8, 10, 12 Mbit/s |
| Mesurer la qualité d'image | PSNR |
| Taille de blocs | 8 × 8 |
| Intensité des marqueurs | a) M = 60 b) M = 100 |
| NOTE – Voir la Rec. UIT-R BT.1210-2. | |

³ Les résultats présentés dans cet appendice ont été obtenus avec la configuration décrite dans l'Appendice I. Des résultats indépendants visant à montrer leur relation avec l'évaluation subjective sont en cours d'analyse.

Le format vidéo est le suivant: 4:2:2, 8 bits/pixel, 30 images/s et est donc conforme à la Rec. UIT-R BT.601. Les marqueurs sont insérés dans les blocs de 8×8 pixels à raison d'un seul marqueur par bloc. En ce qui concerne les débits binaires, deux ensembles de débits binaires sont étudiés:

- a) 10 à 40 Mbit/s pour les applications de contribution;
- b) 6 à 12 Mbit/s pour les applications de distribution primaire.

L'intensité des marqueurs étant différente pour chaque ensemble.

III.2 Résultats expérimentaux

Les Figures III.1 et III.2 montrent la relation entre le taux FDR et le rapport PSNR pour l'ensemble des débits binaires a) et b) respectivement. Cette relation ne peut pas être obtenue si l'image de référence n'est pas présente; toutefois après obtention de cette relation, on peut évaluer le rapport PSNR à partir du taux FDR étant donné que cette relation est indépendante des débits binaires et du contenu image.

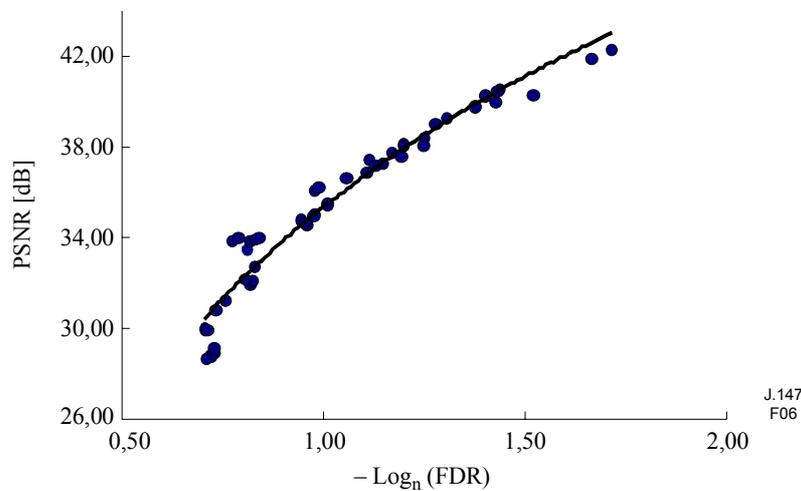


Figure III.1/J.147 – Relation FDR-PSNR (ensemble de débits binaires a))

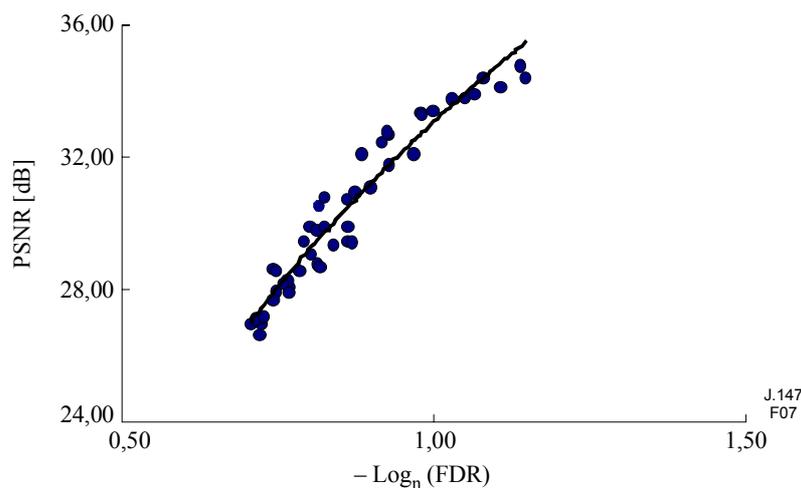


Figure III.2/J.147 – Relation FDR-PSNR (ensemble de débits binaires b))

III.2.1 Précision de l'estimation

La précision de l'estimation est définie comme la distance entre le point tracé et la courbe de régression. Le Tableau III.2 montre la précision moyenne de l'estimation et la variance de l'erreur d'estimation pour chaque ensemble de débits binaires. Dans ce tableau, on constate que la précision de l'estimation est d'environ 0,5 à 0,6 dB, confirmant qu'il est possible avec cette méthode d'avoir une estimation très précise du rapport PSNR.

Tableau III.2/J.147 – Précision et variance moyennes de l'estimation

| | Précision de l'estimation [dB] | Variance [dB] |
|---------------|--------------------------------|---------------|
| Simulation a) | 0,59 | 0,74 |
| Simulation b) | 0,50 | 0,37 |

III.2.2 Dégradation de l'image originale causée par l'insertion des marqueurs

Le Tableau III.3 montre le rapport PSNR pour chaque titre d'image après insertion des marqueurs. Etant donné que l'insertion du marqueur provoque une modification du signal original, le signal du marqueur sera un signal de bruit pour l'image originale. Toutefois, la puissance du signal du marqueur est si faible que le rapport PSNR de l'image avec marqueur intégré est supérieur à 49 dB comme le montre le Tableau III.3. Etant très au-dessus des 40 dB, il n'est pas perceptible, ainsi le signal de marqueur a un effet imperceptible pour l'oeil humain. Pour référence, le rapport PSNR type pour les applications de contribution et la distribution primaire est de 30 à 40 dB comme le montre la Figure III.1. En outre, la largeur de bande additionnelle requise par la présence du marqueur est tout à fait négligeable compte tenu de la faible intensité du marqueur.

Tableau III.3/J.147 – Rapports PSNR de l'image originale après insertion du marqueur

| Nom de la séquence de test | Simulation a) | Simulation b) |
|----------------------------|---------------|---------------|
| Majorettes | 51,46 | 49,19 |
| Flamants roses | 51,45 | 49,26 |
| Feuilles vertes | 51,45 | 49,12 |
| Marche | 51,44 | 49,13 |
| Mobile et Calendrier | 51,45 | 49,15 |
| Football | 51,47 | 49,10 |

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

| | |
|----------------|---|
| Série A | Organisation du travail de l'UIT-T |
| Série B | Moyens d'expression: définitions, symboles, classification |
| Série C | Statistiques générales des télécommunications |
| Série D | Principes généraux de tarification |
| Série E | Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains |
| Série F | Services de télécommunication non téléphoniques |
| Série G | Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques |
| Série H | Systèmes audiovisuels et multimédias |
| Série I | Réseau numérique à intégration de services |
| Série J | Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias |
| Série K | Protection contre les perturbations |
| Série L | Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures |
| Série M | RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux |
| Série N | Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle |
| Série O | Spécifications des appareils de mesure |
| Série P | Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux |
| Série Q | Commutation et signalisation |
| Série R | Transmission télégraphique |
| Série S | Equipements terminaux de télégraphie |
| Série T | Terminaux des services télématiques |
| Série U | Commutation télégraphique |
| Série V | Communications de données sur le réseau téléphonique |
| Série X | Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts |
| Série Y | Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet |
| Série Z | Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication |