

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

T.810

(05/2006)

SÉRIE T: TERMINAUX DES SERVICES
TÉLÉMATIQUES

**Technologies de l'information – Système de
codage d'images JPEG 2000: Transmission
radioélectrique**

Recommandation UIT-T T.810



**Technologies de l'information – Système de codage d'images JPEG 2000:
Transmission radioélectrique**

Résumé

La présente Recommandation | Norme internationale a pour but de définir une syntaxe qui permette de protéger les données d'images codées à transmettre via les canaux et réseaux hertziens. Les services de protection font appel à plusieurs moyens: capacité de détection et de correction des erreurs dans les en-têtes et dans les flux binaires, description de la sensibilité aux erreurs de telle ou telle portion des données comprimées, et description des erreurs résiduelles possibles dans les données comprimées. La syntaxe permet d'appliquer ces services de protection à une partie ou à l'intégralité des données d'image codées. Ces services sont conçus pour conserver les propriétés intrinsèques du système JPEG 2000, telles que la capacité d'évolution et l'accès à diverses zones spatiales, les niveaux de résolution, les composantes couleurs et les couches de qualité, tout en assurant des services de protection pour ces éléments.

Source

La Recommandation UIT-T T.810 a été approuvée le 29 mai 2006 par la Commission d'études 16 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8. Un texte identique est publié comme Norme Internationale ISO/CEI 15444-11.

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.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

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 avait 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 des renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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

	<i>Page</i>
1	Domaine d'application..... 1
2	Références normatives..... 1
3	Termes et définitions..... 1
4	Symboles et abréviations..... 3
4.1	Abréviations..... 3
4.2	Symboles..... 4
5	Description générale de la norme JPEG 2000 adaptée à la transmission hertzienne..... 4
5.1	Introduction..... 4
5.2	Description du système conforme à la norme JPEG 2000 adaptée à la transmission hertzienne..... 5
6	Parties JPWL normatives..... 7
7	Parties JPWL informatives..... 8
Annexe A – Syntaxe du flux codé..... 9	
A.1	Définitions des marqueurs et des segments marqueurs..... 9
A.2	Domaines des codes de marqueur définis dans la présente Recommandation Norme internationale..... 9
A.3	Règles applicables aux marqueurs et segments marqueurs ainsi qu'au flux codé..... 9
A.4	Informations dans les segments marqueurs..... 10
A.5	Construction du flux codé..... 10
A.6	Segments marqueurs JPWL..... 11
Annexe B – Protection contre les erreurs dans les en-têtes..... 19	
B.1	Introduction..... 19
B.2	Codes prédéfinis de correction d'erreurs..... 20
B.3	Protection des en-têtes au moyen des segments marqueurs de bloc de protection contre les erreurs..... 20
Annexe C – Capacité de protection contre les erreurs..... 24	
C.1	Utilisation du segment marqueur de la capacité de protection contre les erreurs..... 24
C.2	Paramètre P_{CRC} 24
C.3	Longueur des données..... 24
C.4	Paramètre P_{EPC} 25
C.5	Identification des outils (ID, <i>identification of tools</i>)..... 25
C.6	Paramètres P_{ID} pour les outils..... 25
Annexe D – Marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs..... 26	
D.1	Introduction et applications..... 26
D.2	Définition et emplacement du marqueur dans le flux codé..... 26
D.3	Subdivision du flux codé en unités de données..... 27
D.4	Informations relatives à la sensibilité..... 27
D.5	Exemples et lignes directrices..... 29
Annexe E – Marqueur descripteur d'erreurs résiduelles..... 31	
E.1	Introduction..... 31
E.2	Signalisation d'erreurs résiduelles..... 31
E.3	Exemples..... 32
Annexe F – Directives de codage des flux codés JPEG 2000 dans le cadre des environnements sujets à erreurs..... 33	
F.1	Introduction..... 33
F.2	Outils JPEG 2000 – partie 1 de résistance aux erreurs..... 33
F.3	Directives JPEG 2000 d'implémentation du codeur..... 34
Annexe G – Traitement recommandé des erreurs par le décodeur..... 36	
G.1	Introduction..... 36
G.2	Comportement recommandé pour le décodeur JPEG 2000 – partie 1..... 36
G.3	Directives d'implémentation du décodeur JPWL..... 37

	<i>Page</i>
Annexe H – Codage entropique résistant aux erreurs.....	39
H.1 Introduction	39
H.2 Syntaxe	39
H.3 Codage binaire avec symbole interdit	40
H.4 Symboles de segmentation résistante aux erreurs	41
H.5 Détection des erreurs	42
H.6 Correction des erreurs	42
Annexe I – Protection différenciée contre les erreurs.....	48
I.1 Introduction	48
I.2 Utilisation des informations du descripteur de la sensibilité aux erreurs en tant qu'entrée dans les systèmes de protection différenciée contre les erreurs	48
I.3 Utilisation du bloc de protection contre les erreurs en vue d'une protection différenciée	48
Annexe J – Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444	49
J.1 Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444-1.....	49
J.2 Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444-3.....	49
J.3 Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444-8 (JPSEC)	49
Annexe K – Autorité d'enregistrement.....	51
K.1 Introduction générale	51
K.2 Conditions à remplir par les demandeurs d'enregistrements	51
K.3 Demandes d'enregistrement.....	51
K.4 Examen des demandes et réponses à celles-ci	52
K.5 Tenue du registre	53
K.6 Publication du registre.....	53
Annexe L – Déclaration relative aux brevets.....	54
BIBLIOGRAPHIE	55

**NORME INTERNATIONALE
RECOMMANDATION UIT-T**

**Technologies de l'information – Système de codage d'images JPEG 2000:
Transmission radioélectrique**

1 Domaine d'application

Dans la présente Recommandation | Norme internationale sont définies, de manière à pouvoir les étendre, des syntaxes et des méthodes de protection contre les erreurs qui peuvent se produire au cours de la transmission hertzienne de flux codés JPEG 2000 conformes à la Rec. UIT-T T.800 | ISO/CEI 15444-1.

Dans la présente Recommandation | Norme internationale, ces flux sont nommés flux hertziens JPEG 2000 (JPWL, *JPEG 2000 wireless*) et les applications qui les emploient sont nommées systèmes "JPWL".

La norme JPWL définit un ensemble d'outils, notamment une structuration supplémentaire des données pour les flux codés JPEG 2000 et des techniques de protection contre les erreurs, nécessaires à la correction et à la signalisation de celles-ci. Dans la présente Recommandation | Norme internationale sont aussi données des définitions de la sémantique et sont suggérées des façons de l'employer.

2 Références normatives

Les Recommandations et Normes internationales suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Recommandation | Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toutes Recommandations et Normes sont sujettes à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Recommandation | Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et Normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur. Le Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT tient à jour une liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur.

- Recommandation UIT-T T.800 (2002) | ISO/CEI 15444-1:2004, *Technologies de l'information – Système de codage d'images JPEG 2000: système de codage noyau*.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation | Norme internationale, les définitions et termes suivants s'appliquent. Les définitions données au paragraphe 3 de la Rec. UIT-T T.800 | ISO/CEI 15444-1 s'appliquent aussi à la présente Recommandation | Norme internationale.

3.1 compatibilité avec les versions antérieures: sont incluses toutes les techniques permettant de produire un flux binaire qui soit tel que le décodeur conforme à la partie 1 décode/affiche conformément aux spécifications de la partie 4 de la norme JPEG 2000 (Rec. UIT-T T.803 | ISO/CEI 15444-4) dans un environnement sans erreurs.

3.2 compatibilité avec les extensions antérieures: sont incluses toutes les techniques permettant de produire un flux binaire qui n'entraîne pas le blocage du décodeur conforme à la partie 1 dans un environnement sans erreurs. Un décodeur conforme à la norme JPEG 2000 adaptée à la transmission hertzienne (JPWL) est nécessaire au décodage/à l'affichage correct des images.

3.3 ordre gros-boutien: les bits d'une représentation des valeurs sont rangés par ordre décroissant, du bit de plus fort poids au bit de plus faible poids.

3.4 flux binaire: séquence de bits résultant du codage d'une séquence de symboles. N'y sont pas inclus les marqueurs ou segments marqueurs dans l'en-tête principal ou dans les en-têtes de pavé élémentaire ou le marqueur de fin de flux codé (EOC). N'y sont pas inclus non plus les en-têtes de paquet et les marqueurs et segments marqueurs dans le flux, non situés dans l'en-tête principal ou dans les en-têtes de pavé élémentaire.

3.5 taux d'erreurs sur les bits (BER, *bit error ratio*): le taux d'erreurs sur les bits est défini comme étant la valeur statistique attendue du rapport entre le nombre de bits erronés dans les données reçues et la dimension de ces données elles-mêmes.

3.6 bloc codé: groupe rectangulaire de coefficients appartenant à la même sous-bande d'une composante de pavé.

- 3.7 flux codé:** ensemble d'un ou de plusieurs flux binaires avec en-tête principal, en-têtes de pavé élémentaire et marqueur EOC requis pour leur décodage et leur expansion en données d'image. Il s'agit de données d'image sous forme comprimée incluant toute la signalisation nécessaire au décodage.
- 3.8 partition des données:** la partition des données est une modification de l'organisation du flux codé avec une séparation des données comprimées en différentes parties.
- 3.9 décodeur:** matérialisation d'un processus de décodage et, éventuellement, d'un processus de transformation des couleurs.
- 3.10 processus de décodage:** processus qui reçoit en entrée tout ou partie d'un flux codé et génère en sortie tout ou partie d'une image reconstruite.
- 3.11 codeur:** matérialisation d'un processus de codage.
- 3.12 processus de codage:** processus qui reçoit en entrée tout ou partie des données d'image source et génère en sortie un flux codé.
- 3.13 correction d'erreurs vers l'avant (FEC, *forward error correction*):** la correction d'erreurs vers l'avant consiste en des techniques qui permettent la détection et/ou la correction d'erreurs par adjonction de redondances au flux codé.
- 3.14 entrelacement:** l'entrelacement est une modification de l'ordre des données dans un flux codé.
- 3.15 autorité d'enregistrement JPWL:** organisme chargé de délivrer un identificateur unique d'enregistrement à un outil JPWL et d'enregistrer la liste des paramètres le décrivant.
- 3.16 couche:** ensemble de données d'image comprimées provenant des passes de codage d'un ou de plusieurs blocs codés d'une composante de pavé. Les couches sont telles que l'ordre de codage et de décodage doit être conservé.
- 3.17 ordre petit-boutien:** les bits d'une représentation des valeurs sont rangés par ordre croissant, du bit de plus faible poids au bit de plus fort poids.
- 3.18 marqueur:** code à deux octets dans lequel le premier octet est un nombre hexadécimal FF (0xFF) et le second octet est une valeur comprise entre 1 (0x01) et le nombre hexadécimal FE (0xFE).
- 3.19 segment marqueur:** marqueur et ensemble (non vide) de paramètres y associés.
- 3.20 non-compatibilité avec les versions antérieures:** sont incluses toutes les techniques permettant de produire un flux binaire qui soit tel que le décodeur conforme à la partie 1 de la norme JPEG 2000 se bloque même dans un environnement sans erreurs. Ce type de techniques sort du cadre de la présente Recommandation | Norme internationale.
- 3.21 paquet:** partie d'un flux binaire comportant un en-tête de paquet et les données d'image comprimées provenant d'une couche d'une zone d'un niveau de résolution d'une composante de pavé.
- 3.22 en-tête de paquet:** partie d'un paquet qui contient la signalisation nécessaire au décodage de ce paquet.
- 3.23 taux de perte de paquets (PLR, *packet loss rate*):** le taux de perte de paquets est défini comme étant la valeur statistique attendue du rapport entre le nombre de paquets rejetés au cours de la transmission et le nombre de paquets envoyés au cours de cette transmission. Dans le cadre de cette définition, un paquet doit être considéré comme étant au niveau de la transmission et non comme étant une entité de base d'un flux codé JPEG 2000.
- 3.24 marqueurs de pointage et segments marqueurs de pointage:** marqueurs et segments marqueurs qui donnent des informations sur l'emplacement des structures dans le flux codé.
- 3.25 zone:** région rectangulaire d'une composante de pavé transformée, à chaque niveau de résolution, servant à limiter la dimension des paquets.
- 3.26 précision:** nombre de bits alloués à un échantillon, à un coefficient, ou à une autre représentation numérique binaire.
- 3.27 codes systématiques:** un code systématique est un code qui produit un nombre donné de symboles redondants venant s'ajouter aux symboles initiaux de données à l'entrée.
- 3.28 pavé:** matrice rectangulaire de points sur la grille de référence, repérée par le décalage par rapport à l'origine de la grille de référence et définie par une largeur et une hauteur. Les pavés qui se chevauchent servent à définir des composantes de pavé.
- 3.29 composante de pavé:** ensemble d'échantillons d'une composante donnée dans un pavé.
- 3.30 indice de pavé:** indice repérant le pavé, qui varie de zéro au nombre de pavé moins un.

- 3.31 pavé élémentaire:** partie du flux codé comportant des données d'image comprimées pour tout ou partie d'un pavé. Un pavé élémentaire contient au moins un paquet et jusqu'à tous les paquets qui forment le pavé codé.
- 3.32 en-tête de partie de paquet:** groupe de marqueurs et de segments marqueurs au début de chaque pavé élémentaire dans le flux codé, qui mentionnent les paramètres de codage des pavés élémentaires.
- 3.33 transcodeur:** matérialisation d'un processus de transcodage.
- 3.34 processus de transcodage:** processus qui reçoit en entrée tout ou partie d'un flux codé et génère en sortie tout ou partie de celui-ci, d'autres données venant éventuellement s'ajouter.
- 3.35 protection différenciée contre les erreurs (UEP, *unequal error protection*):** la protection différenciée contre les erreurs se réfère à l'attribution à différentes parties d'un flux codé de différents niveaux de protection contre les erreurs.

4 Symboles et abréviations

4.1 Abréviations

Pour les besoins de la présente Recommandation | Norme internationale, les abréviations suivantes s'appliquent.

BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
COC	marqueur de composante de style de codage (<i>coding style component marker</i>)
COD	marqueur de style de codage par défaut (<i>coding style default marker</i>)
COM	marqueur de commentaire (<i>comment marker</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique
CRG	marqueur d'enregistrement de composante (<i>component registration marker</i>)
EOC	marqueur de fin de flux codé (<i>end of codestream marker</i>)
EPB	marqueur de bloc de protection contre les erreurs (<i>error protection block marker</i>)
EPC	marqueur de la capacité de protection contre les erreurs (<i>error protection capability marker</i>)
EPH	marqueur d'en-tête de fin de paquet (<i>end of packet header marker</i>)
ESD	marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs (<i>error sensitivity descriptor marker</i>)
FEC	correction d'erreur directe (<i>forward error correction</i>)
JPEG	Groupe d'experts pour la normalisation des images fixes (<i>Joint photographic experts group</i>) – Comité commun ISO/CEI/UIT chargé de l'élaboration des normes de codage des images fixes à modelé continu. Cette abréviations renvoie aussi aux normes mises au point par ce comité: norme ISO/CEI 10918 et aux Recommandations UIT-T correspondantes.
JPEG 2000	Groupe d'experts pour la normalisation des images fixes (<i>Joint photographic experts group</i>) – Comité commun ISO/CEI/UIT chargé de l'élaboration des normes de codage des images fixes à modelé continu. Cette abréviations renvoie aussi aux normes mises au point par ce comité: norme ISO/CEI 15444 et Recommandations UIT-T correspondantes.
JPEG 2000 – partie 1	Renvoie à la partie 1 de la norme JPEG 2000, la Rec. UIT-T T.800 ISO/CEI 15444-1.
JPEG 2000 – partie 11	Renvoie à la présente Recommandation Norme internationale.
JPWL	Norme JPEG 2000 adaptée à la transmission hertzienne (<i>JPEG wireless</i>): renvoie à la présente Recommandation Norme internationale.
PLM	marqueur d'en-tête principal de longueur de paquet (<i>packet length, main header marker</i>)
PLT	marqueur d'en-tête de pavé élémentaire de longueur de paquet (<i>packet length, tile-part header marker</i>)
POC	marqueur de modification de l'ordre de progression (<i>progression order change marker</i>)
PPM	marqueur d'en-tête principal des en-têtes de paquet compacts (<i>packed packet headers, main header marker</i>)

ISO/CEI 15444-11:2006 (F)

PPT	marqueur d'en-tête de pavé élémentaire des en-têtes de paquet compacts (<i>packed packet headers, tile-part header marker</i>)
QCC	marqueur de composante de quantification (<i>quantization component marker</i>)
QCD	marqueur de quantification par défaut (<i>quantization default marker</i>)
RA	Autorité d'enregistrement (<i>registration authority</i>)
RED	marqueur descripteur d'erreurs résiduelles (<i>residual error descriptor marker</i>)
RGN	marqueur de région d'intérêt (<i>region of interest marker</i>)
RS	Reed-Solomon
SIZ	marqueur de dimensions d'image et de pavé (<i>image and tile size marker</i>)
SOC	marqueur de début de flux codé (<i>start of codestream marker</i>)
SOD	marqueur de début de données (<i>start of data marker</i>)
SOP	marqueur de début de paquet (<i>start of packet marker</i>)
SOT	marqueur de début de pavé élémentaire (<i>start of tile-part marker</i>)
TLM	marqueur de longueur de pavé élémentaire (<i>tile-part length marker</i>)
UEP	protection différenciée contre les erreurs (<i>unequal error protection</i>)
UIT	Union internationale des télécommunications
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications (anciennement CCITT)

4.2 Symboles

Pour les besoins de la présente Recommandation | Norme internationale, les symboles suivants s'appliquent.

0x----	nombre hexadécimal
\nnn	nombre à trois chiffres précédé d'une barre oblique inverse définissant la valeur d'un octet donné dans une chaîne de caractères, les trois chiffres spécifiant la valeur en base huit de cet octet
ε_b	exposant de la sensibilité aux erreurs définie dans le marqueur ESD
μ_b	mantisse de la sensibilité aux erreurs définie dans le marqueur ESD

5 Description générale de la norme JPEG 2000 adaptée à la transmission hertziennne

5.1 Introduction

La présente Recommandation | Norme internationale définit un ensemble d'outils et de méthodes qui permettent de transmettre efficacement, dans un environnement de transmission/de stockage, sujet à erreurs, des images conformes à la partie 1 de la norme JPEG 2000. Cette Recommandation | Norme internationale vise principalement les applications hertziennes, même si des outils semblables peuvent être employés pour d'autres types d'applications, sujets à erreurs.

Les réseaux hertziens sont caractérisés par la présence fréquente d'erreurs au cours de la transmission, très contraignantes pour la transmission des images numériques. Puisque la norme JPEG 2000 permet d'atteindre un taux élevé de compression, elle pourrait bien convenir aux applications multimédias hertziennes. Par ailleurs, en raison de sa forte capacité d'évolution, elle offre une vaste gamme de stratégies de qualité de service aux opérateurs de réseau. Mais, pour convenir aux applications multimédias hertziennes, elle doit pouvoir résister aux erreurs de transmission.

Dans la Recommandation | Norme internationale UIT-T T.800 | ISO/CEI 15444-1 sont définis des outils de résistance aux erreurs qui permettent d'améliorer la performance des canaux bruyants. Ces outils ne peuvent toutefois que détecter la présence d'erreurs dans le flux binaire, dissimuler les données erronées et resynchroniser le décodeur. Plus précisément, ils ne corrigent pas les erreurs de transmission. En outre, ils ne s'appliquent pas aux en-têtes principaux ni à ceux des pavés élémentaires qui sont les parties les plus importantes du flux codé. Ils ne suffisent donc pas pour les transmissions hertziennes.

En vue d'assurer une transmission efficace dans un environnement de transmission/de stockage, sujet à erreurs, on a défini dans la présente Recommandation | Norme internationale des mécanismes supplémentaires de protection et de correction d'erreurs. Ces mécanismes étendent les éléments du système de codage noyau décrit dans la Recommandation | Norme internationale UIT-T T.800 | ISO/CEI 15444-1. Les extensions sont compatibles avec les versions antérieures ou avec les extensions antérieures, comme indiqué dans le § 3.

Non liée à un réseau ou à un protocole de transport particuliers, la présente Recommandation | Norme internationale apporte une solution générale à la transmission résistante aux erreurs des images JPEG 2000 sur des canaux et des réseaux sujets à erreurs. La norme JPEG 2000, adaptée à la transmission hertzienne (JPWL, *JPEG 2000 wireless*), doit normalement agir au niveau des applications. Toutefois, les outils JPWL peuvent le cas échéant être employés pour la transmission directe des images sur la couche Physique du canal.

5.2 Description du système conforme à la norme JPEG 2000 adaptée à la transmission hertzienne

Les principales fonctionnalités du système JPWL servent à protéger le flux codé contre les erreurs de transmission, à décrire le niveau de sensibilité aux erreurs de transmission des différentes parties du flux codé et à décrire où se produisent les erreurs résiduelles dans le flux codé.

Le système JPWL peut être appliqué soit à une image source à l'entrée, soit au flux codé conforme à la partie 1, comme illustré dans les Figures 1 et 2 respectivement. Dans la Figure 1, du côté transmission, le codeur JPWL comporte trois modules fonctionnant simultanément: un codeur JPEG 2000 – partie 1 assurant la compression de l'image à l'entrée, un générateur donnant une description de la sensibilité aux erreurs et un processeur utilisant l'outil de protection contre les erreurs. Le résultat est un flux codé JPEG 2000 – partie 11, résistant aux erreurs de transmission. Du côté réception, le codeur JPWL comporte aussi trois modules: un processeur devant corriger les erreurs, un générateur donnant une description de la sensibilité aux erreurs résiduelles et un décodeur JPEG 2000 – partie 1. Alternativement, dans la Figure 2, du côté transmission, un transcodeur JPWL analyse un flux codé JPEG 2000 – partie 1, donnant une description de la sensibilité aux erreurs et utilisant les outils de protection contre les erreurs. Du côté réception, un transcodeur JPWL corrige les erreurs de transmission et donne la description des erreurs résiduelles, produisant un flux codé – partie 1 qui peut être envoyé au décodeur – partie 1, accompagné d'informations sur les erreurs résiduelles.

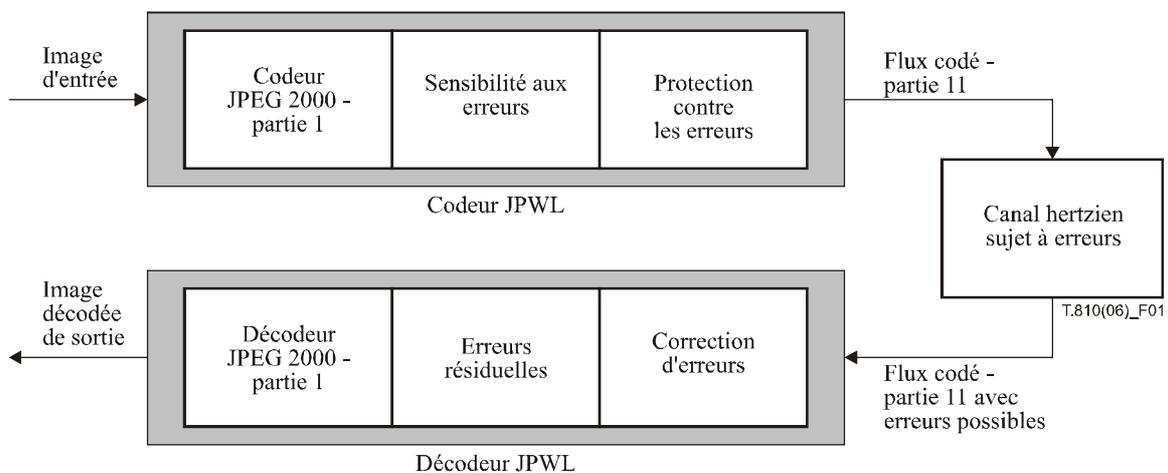


Figure 1 – Description du système JPWL: codeur et décodeur JPWL

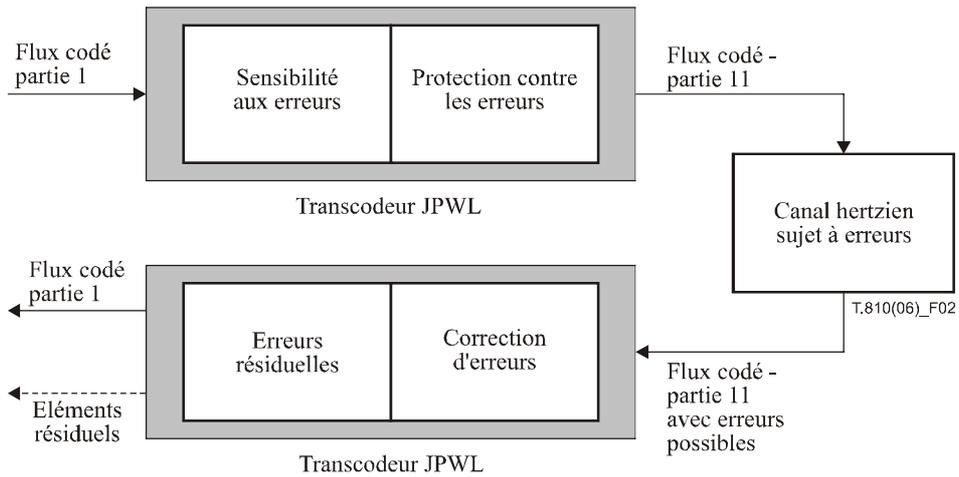


Figure 2 – Description du système JPWL: transcodeur JPWL

D'autres configurations sont encore possibles, comme illustré dans les Figures 3 et 4. Alors que dans les Figures 1 et 2 la description de la sensibilité aux erreurs et l'utilisation de l'outil de protection contre les erreurs sont simultanées, dans les Figures 3 et 4 les deux opérations sont effectuées successivement. Plus précisément, dans une première étape, un codeur/transcodeur JPWL produit un flux codé JPEG 2000 – partie 11 contenant des informations sur la sensibilité aux erreurs. Dans une deuxième étape, un transcodeur JPWL utilise ces informations pour optimiser l'outil de protection contre les erreurs, en produisant un flux codé JPEG 2000 – partie 11 résistant aux erreurs de transmission.

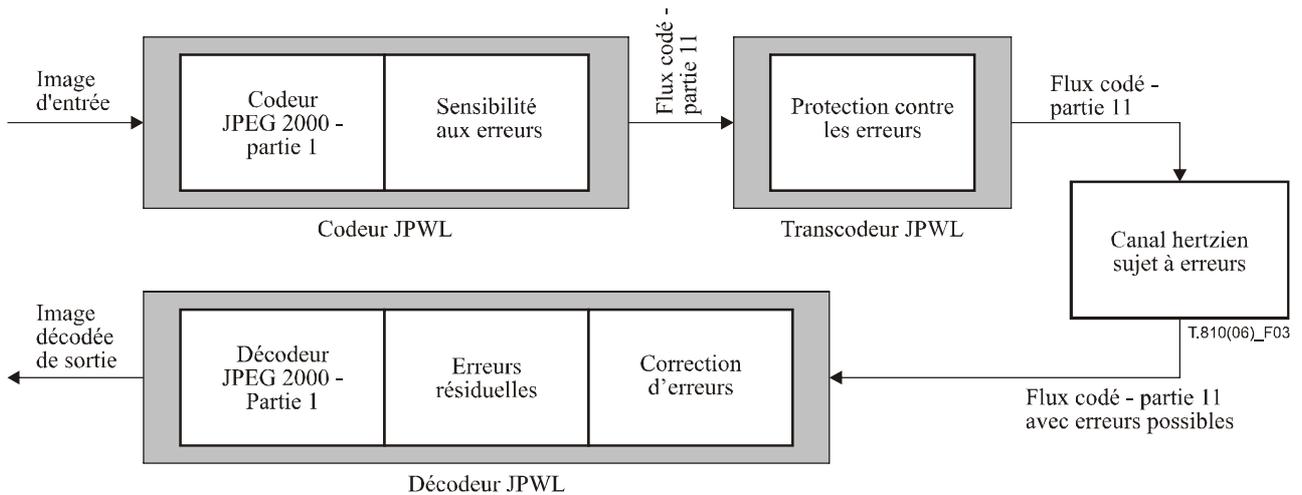


Figure 3 – Description du système JPWL: autre configuration

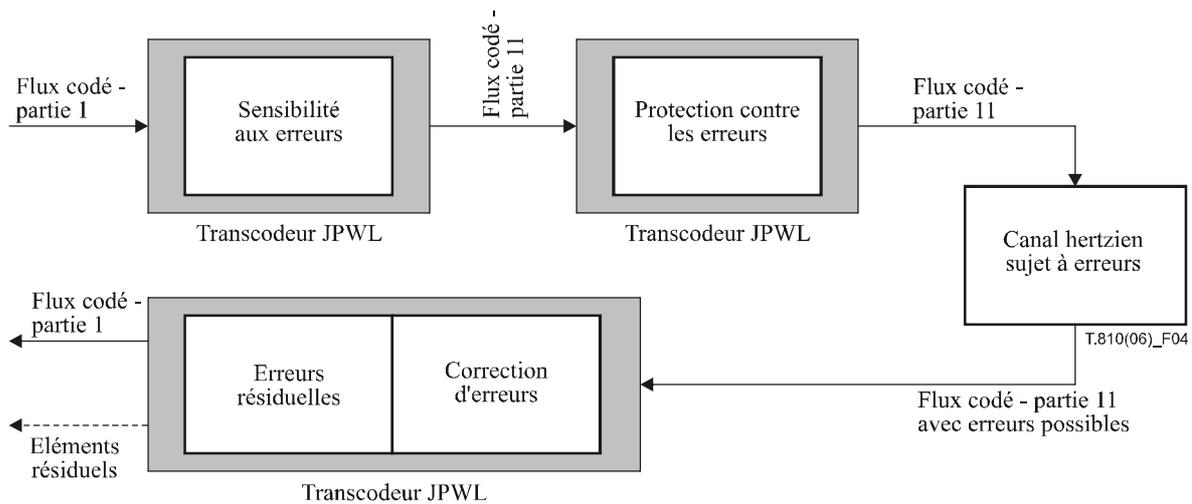


Figure 4 – Description du système JPWL: autre configuration

Le processus de protection contre les erreurs modifie le flux codé de manière à le rendre plus résistant aux erreurs, par exemple en ajoutant des redondances ou en effectuant la partition et l'entrelacement des données. Le processus de correction d'erreurs détecte la présence d'erreurs et les corrige dès que possible. Les techniques de protection du flux codé font intervenir des codes de correction d'erreurs vers l'avant (FEC, *forward error correction*), la partition et l'entrelacement des données, un codage entropique solide et une protection différenciée contre les erreurs.

Le marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs décrit le niveau de sensibilité aux erreurs de transmission des différentes parties du flux codé. Cette information est généralement produite lorsque l'image est codée à l'aide du codeur JPEG 2000 – partie 1 (par exemple Figures 1 et 3), mais elle peut aussi être déduite directement du flux codé – partie 1 (par exemple Figures 2 et 4). Elle peut ensuite être utilisée pour la protection de l'image. Les parties sensibles du flux codé peuvent notamment être plus fortement protégées que les parties moins sensibles (protection différenciée contre les erreurs).

Le marqueur descripteur d'erreurs résiduelles indique où sont situées les erreurs résiduelles dans le flux codé. Les erreurs résiduelles sont des erreurs qui ne peuvent pas être corrigées par l'outil de protection contre les erreurs. Cette information est généralement produite au cours du processus de correction d'erreurs. Elle peut ensuite être utilisée dans le décodeur JPEG 2000 – partie 1 pour empêcher le décodage des parties endommagées du flux.

Les figures ci-dessus illustrant le système JPWL sont des exemples et différentes configurations sont possibles.

Le système JPWL est équipé pour les techniques futures, qui s'ajouteront à celles décrites dans la présente Recommandation | Norme internationale. Le processus d'adjonction des nouvelles techniques est géré par l'Autorité d'enregistrement comme décrit à l'Annexe K.

6 Parties JPWL normatives

Le processus de codage convertit les données d'image source en données d'image comprimées. Tous les processus de codage spécifiés sont donnés à titre informatif.

Un codeur matérialise le processus de codage. Afin d'être conforme à la présente Recommandation | Norme internationale, il doit convertir les données d'image source en données d'image comprimées, conformes à la syntaxe du flux codé spécifiée à l'Annexe A.

Le processus de décodage quant à lui convertit les données d'image comprimées en données d'image reconstituées. Certaines parties du processus de décodage sont normatives, notamment celles qui concernent l'extraction des informations contenues dans les segments marqueurs JPEG 2000 – partie 11 spécifiques, ainsi que celles qui se rapportent au décodage des caractéristiques JPEG 2000 – partie 1. Tous les autres aspects du processus de décodage, par exemple la procédure que doit suivre le décodeur afin de faire face à la présence d'erreurs éventuelles et les mesures qu'il doit prendre pour minimiser leurs effets, ne sont pas spécifiés dans la présente Recommandation | Norme internationale; des directives sont toutefois données à l'Annexe G.

ISO/CEI 15444-11:2006 (F)

Un décodeur matérialise le processus de décodage. Afin d'être conforme à la présente Recommandation | Norme internationale, il doit convertir en image reconstituée toutes ou partie des données d'image comprimées, conformes à la syntaxe du flux codé spécifiée à l'Annexe A.

Il n'y a pas d'implémentation normative ou requise pour le codeur ou le décodeur. Dans certains cas, les descriptions font intervenir des techniques de mise en œuvre particulière à titre illustratif seulement.

A l'Annexe A est décrite la syntaxe qui définit la représentation codée des données d'image comprimées, destinée à l'échange entre des environnements d'application. Toutes les données d'image comprimées doivent posséder une syntaxe et des codes attribués, conformes aux processus de codage définis dans la présente Recommandation | Norme internationale.

Le reste du présent paragraphe donne un aperçu des parties normatives de la présente Recommandation | Norme internationale et renvoie aux annexes respectives pour une description détaillée:

- syntaxe du flux codé (Annexe A): définition de la syntaxe à laquelle doit être conforme celle de tout flux codé JPWL;
- bloc de protection contre les erreurs (Annexe B): outil de protection de l'en-tête d'image (en-tête principal, en-tête de pavé/pavé élémentaire) et de correction des éventuelles erreurs de transmission au moyen de codes FEC;
- marqueur descripteur de la capacité de protection contre les erreurs (Annexe C): description des outils qui ont été utilisés pour protéger le flux codé et pour corriger les éventuelles erreurs de transmission. Ce marqueur descripteur est tributaire d'une Autorité d'enregistrement en ce qui concerne les techniques informatives de protection contre les erreurs;
- marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs (Annexe D): description du niveau de sensibilité des différentes parties du flux codé aux erreurs de transmission. Cette information est généralement produite lors du codage de l'image. Elle peut ensuite servir lors de l'application de techniques de protection différenciée contre les erreurs (UEP, *unequal error protection*), où il est tenu compte de la sensibilité aux erreurs;
- marqueur descripteur d'erreurs résiduelles (Annexe E): description des emplacements des erreurs résiduelles dans le flux codé. Les erreurs résiduelles sont des erreurs qui ne peuvent être corrigées par les outils de protection de l'image. Cette information est généralement produite lors du décodage du flux codé;
- autorité d'enregistrement (Annexe K): définition de la fonction de l'Autorité d'enregistrement (RA, *registration authority*).

7 Parties JPWL informatives

Le présent paragraphe donne un aperçu des parties informatives de la présente Recommandation | Norme internationale et renvoie aux annexes respectives pour une description détaillée:

- directives de codage (Annexe F): directives relatives à un codage résistant aux erreurs du côté codeur dans le cadre des environnements sujets à erreurs;
- directives de décodage (Annexe G): directives relatives au traitement des erreurs du côté décodeur;
- codage entropique résistant aux erreurs (Annexe H): outils de protection du flux codé et de détection et de correction d'erreurs possibles, s'appuyant sur le codage entropique résistant aux erreurs;
- protection différenciée contre les erreurs (Annexe I): outils de protection différenciée des parties du flux codé en fonction de la sensibilité aux erreurs des parties respectives;
- compatibilité avec l'ISO/CEI 15444 (Annexe J): directives relatives à la compatibilité avec d'autres spécifications dans la série de normes JPEG 2000;
- brevets (Annexe L): déclarations reçues relatives aux droits de propriété intellectuelle, qui s'appliquent à la présente Recommandation | Norme internationale.

Annexe A

Syntaxe du flux codé

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

A.1 Définitions des marqueurs et des segments marqueurs

Dans la présente Recommandation | Norme internationale sont utilisés des segments marqueurs pour délimiter et signaler les caractéristiques du flux codé afin de protéger celui-ci contre les erreurs. En vue de la compatibilité avec les versions antérieures, les marqueurs et les segments marqueurs doivent être inclus dans les en-têtes du flux codé JPEG 2000 – partie 1, qui peuvent être de deux types seulement:

- 1) en-tête principal, placé au début du flux codé;
- 2) en-têtes de pavé élémentaire, placés au début de chaque pavé élémentaire.

Les en-têtes principaux et ceux des pavés élémentaires sont des ensembles de marqueurs et de segments marqueurs.

Comme pour tout autre marqueur normalisé défini dans la norme JPEG 2000 – partie 1, chaque marqueur défini dans la présente proposition a une longueur de deux octets et son premier octet est 0xFF. Le deuxième octet spécifie l'emploi du marqueur et peut prendre une valeur quelconque allant de 0x01 à 0xFE, à l'exception des valeurs déjà utilisées dans la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1 et UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3 (indiquées pour mémoire dans le Tableau A.1).

Un segment marqueur comporte un marqueur et les paramètres y associés, nommés paramètres marqueurs. Par définition, les deux premiers octets de tout segment marqueur, qui suivent immédiatement le marqueur, doivent correspondre à une valeur entière gros-boutienne sans signe qui indique la longueur en octets des paramètres marqueurs (comprenant les deux octets de ce paramètre de longueur mais sans les deux octets du marqueur lui-même). Lorsque le décodeur repère un segment marqueur non spécifié dans la présente Recommandation | Norme internationale, il doit utiliser le paramètre de longueur pour rejeter le segment marqueur.

A.2 Domaines des codes de marqueur définis dans la présente Recommandation | Norme internationale

Conformément à la syntaxe utilisée pour chaque marqueur et segment marqueur, définie dans la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1, certains marqueurs sont réservés, dans la présente Recommandation | Norme internationale, à la signalisation, comme indiqué dans le Tableau A.1. Dans ce Tableau A.1 sont rappelées les différentes valeurs des marqueurs déjà en vigueur ou réservés.

Tableau A.1 – Définition des marqueurs

Domaine des valeurs des marqueurs	Norme où sont définies les valeurs
0xFF00, 0xFF01, 0xFFFE, 0xFFC0 – 0xFFDF	Définies dans la Rec. UIT-T T.81 ISO/CEI 10918-1
0xFFF0 – 0xFFF6	Définies dans la Rec. UIT-T T.84 ISO/CEI 10918-3
0xFFF7 – 0xFFF8	Définies dans la Rec. UIT-T T.87 ISO/CEI 14495-1
0xFF4F – 0xFF65, 0xFF6A – 0xFF6F, 0xFF90 – 0xFF93	Rec. UIT-T T.800 ISO/CEI 15444-1
0xFF66 – 0xFF69	Définies dans la présente Recommandation Norme internationale
0xFF30 – 0xFF3F	Réservées pour la définition de marqueurs uniquement (non de segments marqueurs)
	Toutes les autres valeurs sont réservées

A.3 Règles applicables aux marqueurs et segments marqueurs ainsi qu'au flux codé

Les segments marqueurs décrits dans la présente Recommandation | Norme internationale respectent les règles énoncées au § A.1.3 de la norme JPEG 2000 – partie 1.

A.4 Informations dans les segments marqueurs

Comme établi dans la norme JPEG 2000 – partie 1, les segments marqueurs et donc les en-têtes principaux et ceux des pavés élémentaires sont des multiples de 8 bits (un octet).

Tous les marqueurs et segments marqueurs dans un en-tête de pavé élémentaire ou un début d'en-tête de paquet s'appliquent seulement au pavé ou au paquet auquel ils appartiennent.

Si le flux codé a été tronqué, endommagé ou modifié, les segments marqueurs affectés (tels que les segments marqueurs de longueur de pavé élémentaire (TLM, *tile-part length marker*)/marqueurs d'en-tête de pavé élémentaire de longueur de paquet (PLT, *packet length, tile-part header marker*) ou les segments marqueurs JPWL) doivent être mis à jour en conséquence. A noter que quelques segments marqueurs contiennent des informations d'indexation du flux codé (par exemple les gammes d'octets); ces informations doivent aussi être mises à jour lors de l'insertion ou de la suppression d'un segment marqueur.

Dans le Tableau A.2 sont énumérés les marqueurs spécifiés dans la présente Recommandation | Norme internationale, tandis que dans le Tableau A.3 sont énumérées les informations fournies par la syntaxe et est indiqué le segment marqueur qui contient ces informations.

Tableau A.2 – Liste des segments marqueurs

	Nom	Code	En-tête principal (Note)	En-tête de pavé élémentaire (Note)
Bloc de protection contre les erreurs	EPB	0xFF66	En option	En option
Marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs	ESD	0xFF67	En option	En option
Capacité de protection contre les erreurs	EPC	0xFF68	Requis	En option
Marqueur descripteur d'erreurs résiduelles	RED	0xFF69	En option	En option
NOTE – Par "requis", on entend que le segment marqueur doit être présent dans cet en-tête, alors que par "en option", on entend qu'il peut être employé.				

Si des marqueurs de la capacité de protection contre les erreurs (EPC, *error protection capacity marker*), marqueurs descripteurs de la sensibilité aux erreurs (ESD, *error sensibility descriptor marker*) ou marqueurs descripteurs d'erreurs résiduelles (RED, *residual error descriptor marker*) sont présents tant dans l'en-tête principal que dans celui des pavés élémentaires, le marqueur présent dans l'en-tête du pavé élémentaire supplante celui qui est présent dans l'en-tête principal pour le pavé élémentaire en question. Les segments marqueurs EPC et RED ne peuvent être présents qu'une fois au plus dans chaque en-tête (en-tête principal ou en-tête de pavé élémentaire), tandis que plusieurs segments marqueurs ESD sont admis dans un seul en-tête.

A.5 Construction du flux codé

La construction du flux codé de la présente Recommandation | Norme internationale est conforme à celle qui est définie au § A.3/JPEG 2000 – partie 1. Le ou les segments marqueurs de bloc de protection contre les erreurs (EPB, *error protection block marker*) doivent être situés en un endroit précis, comme indiqué à l'Annexe B.

Tableau A.3 – Informations dans les segments marqueurs

Informations	Segment marqueur
Signalent la présence de données protégées JPWL dans l'en-tête, notamment au moyen: <ul style="list-style-type: none"> – d'un ensemble de paramètres de protection contre les erreurs, employés dans le flux codé; – de données de protection contre les erreurs, produites au moyen d'un code systématique. 	EPB
Indiquent les méthodes employées dans le flux codé pour la protection contre les erreurs de transmission; leur présence signale le fait que le flux codé est conforme à la présente Recommandation Norme internationale.	EPC
Donnent la sensibilité aux erreurs du flux codé.	ESD
Donnent l'indice des erreurs résiduelles dans le flux codé.	RED

A.6 Segments marqueurs JPWL

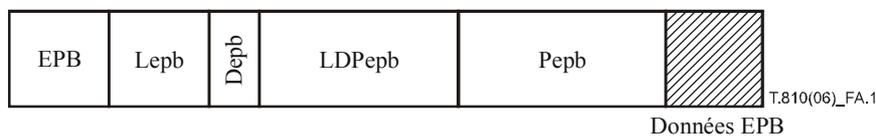
A.6.1 Bloc de protection contre les erreurs (EPB)

Le segment marqueur EPB contient des informations sur les paramètres de protection contre les erreurs et des données destinées à protéger le flux codé contre les erreurs. La fonction principale du segment marqueur EPB est de protéger les en-têtes principaux et ceux des pavés élémentaires (voir Annexe B). Toutefois, il peut aussi être employé pour protéger le flux binaire (voir Annexe I). Plusieurs segments marqueurs EPB peuvent être présents dans l'en-tête principal et/ou dans les en-têtes de pavé élémentaire. Le premier segment marqueur EPB dans un en-tête principal doit être placé immédiatement après le segment marqueur des dimensions d'image et de pavé (SIZ, *image and tile size marker*). Le premier segment marqueur EPB dans un en-tête de pavé élémentaire doit être placé immédiatement après le segment marqueur de début de pavé élémentaire (SOT, *start of tile-part marker*).

Fonction: le segment marqueur EPB contient les données de correction d'erreurs nécessaires à l'en-tête où il est situé. Voir les Annexes B et I pour de plus amples informations sur l'emploi des segments marqueurs EPB.

Usage: en-tête principal et en-têtes de pavé élémentaire. Le premier segment marqueur EPB du flux codé doit être placé après le segment marqueur SIZ. Le premier segment marqueur EPB d'un pavé élémentaire doit être placé après le segment marqueur SOT.

Longueur: variable en fonction des paramètres employés pour protéger les en-têtes et de la longueur des en-têtes à protéger. Dans la Figure A.1 est décrite la syntaxe du segment marqueur EPB.



EPB: code du marqueur. Dans le Tableau A.4 sont indiquées la dimension et les valeurs des paramètres du symbole du marqueur lui-même et de chacun des paramètres du segment marqueur.

Lepb: longueur du segment marqueur en octets (marqueur non compris).

Depb: style EPB (par exemple, il définit si le segment marqueur est le dernier dans l'en-tête concerné).

LDPEpb: longueur des données à protéger par des informations redondantes (données EPB) acheminées dans le segment marqueur.

Pepb: paramètres EPB définissant l'outil suivant de correction d'erreurs à employer pour la protection des données restantes.

EPB data: données rendant la correction possible (généralement bits de redondance).

Figure A.1 – Syntaxe du bloc de protection contre les erreurs

Tableau A.4 – Valeurs des paramètres du bloc de protection contre les erreurs

Paramètre	Dimension (bits)	Valeurs
EPB	16	0xFF66
Lepb	16	$11 - (2^{16} - 1)$
Depb	8	Voir Tableau A.5
LDPEpb	32	$0 - (2^{31} - 1)$
Pepb	32	Voir Tableau A.6 Définit la méthode suivante de gestion des erreurs à employer.
Données EPB	Variable	

Lorsque le segment marqueur EPB est présent dans un en-tête principal, le marqueur de début de flux codé (SOC, *start of codestream marker*), le segment marqueur SIZ, le marqueur EPB, les données Lepb, Depb, LDPEpb et Pepb sont protégés au moyen d'un code prédéfini RS(N1,K1). Les données redondantes nécessaires à la correction d'erreurs sont placées au début des données EPB.

Lorsque le segment marqueur EPB est présent dans un en-tête de pavé élémentaire, le marqueur SOT, le marqueur EPB, les données Lepb, Depb, LDPEpb et Pepb sont protégés au moyen d'un code prédéfini RS(N2,K2). Les données redondantes nécessaires à la correction d'erreurs sont placées au début des données EPB.

ISO/CEI 15444-11:2006 (F)

Plusieurs segments marqueurs EPB peuvent être présents dans les en-têtes principaux ou dans ceux des pavés élémentaires. Lorsqu'un segment marqueur n'est pas le premier dans un en-tête, un code prédéfini RS(N3,K3) est employé.

Les codes prédéfinis sont les suivants:

- code Reed-Solomon RS(160,64), à employer pour le premier segment marqueur EPB de l'en-tête principal;
- code Reed-Solomon RS(80,25), à employer pour le premier segment marqueur EPB d'un en-tête de pavé élémentaire;
- code Reed-Solomon RS(40,13), à employer pour les autres segments marqueurs EPB tant de l'en-tête principal que de l'en-tête d'un pavé élémentaire.

A.6.1.1 Paramètre style EPB

Tableau A.5 – Valeurs du paramètre Depb

Valeurs (bits)		Configuration et indice EPB
MSB (le plus fort poids)	LSB (le plus faible poids)	
x0xx xxxx		Le segment marqueur EPB n'est pas le dernier dans l'en-tête
x1xx xxxx		Le segment marqueur EPB est le dernier dans l'en-tête
0xxx xxxx		Les segments marqueurs EPB sont non compacts
1xxx xxxx		Les segments marqueurs EPB sont compacts
xx00 0000 – xx11 1111		Valeurs des indices EPB (0-63). Le premier segment marqueur EPB dans un en-tête a une valeur d'indice nulle. Pour chacun des segments marqueurs EPB suivants dans le même en-tête, cette valeur d'indice est augmentée d'une unité. Lorsque le nombre maximal est atteint, la valeur de l'indice repasse à zéro.

A.6.1.2 Paramètres EPB

Les paramètres Pepb permettent de choisir une méthode de correction/détection d'erreurs, en décrivant tant la méthode que les paramètres relatifs. Cela permet de modifier la fonction de correction/détection des erreurs tout au long du flux codé et de l'adapter aux conditions d'erreurs et/ou à la sensibilité aux erreurs de la partie du flux codé concernée. Toute méthode peut être employée dans la mesure où elle respecte la compatibilité avec les versions antérieures avec ou sans critères d'extension définis précédemment dans la présente Recommandation | Norme internationale (voir § 5).

Dans le Tableau A.6 est définie la gamme des valeurs du paramètre Pepb. Des définitions de codes autres que celles du Tableau A.6 peuvent employer un indice de méthode de gestion des erreurs appartenant à la gamme des valeurs, l'usage et l'enregistrement étant gérés par l'Autorité d'enregistrement (voir Annexe K).

La méthode de gestion spécifiée dans un paramètre Pepb doit être utilisée pour les données de flux codé concernées par le segment marqueur EPB, à l'exception du marqueur EPB et des paramètres de marqueur EPB, déjà concernés par l'un des codes prédéfinis.

Tableau A.6 – Paramètre Pepb

Indice de la méthode de gestion des erreurs	Indice et configuration EPB
0x00000000	Les codes prédéfinis sont les suivants: code Reed-Solomon RS(160,64), à employer pour le premier segment marqueur EPB de l'en-tête principal; code Reed-Solomon RS(80,25), à employer pour le premier segment marqueur EPB d'un en-tête de pavé élémentaire; code Reed-Solomon RS(40,13), à employer pour les autres segments marqueurs EPB tant de l'en-tête principal que de l'en-tête d'un pavé élémentaire.
0x10000000-0x1FFFFFFF	Contrôle de redondance cyclique (CRC), voir Tableau A.7.
0x20000000-0x2FFFFFFF	Codes Reed-Solomon, voir Tableau A.8.
0x30000000-0xFFFFFFFF	Usage et enregistrement gérés par l'Autorité d'enregistrement JPWL
0xFFFFFFFF	Aucune méthode à employer pour les données suivantes

Tableau A.7 – Types de contrôle CRC

Valeur Pepb	Type de contrôle CRC
0001 0000 0000 0000	Contrôle CRC-CCITT (X.25) à 16 bits
0001 0000 0000 0001	Contrôle CRC Ethernet à 32 bits
0001 0000 0000 0010 – 0001 1111 1111 1111	Usage et enregistrement gérés par l'Autorité d'enregistrement JPWL

Tableau A.8 – Codes Reed-Solomon par défaut

Valeur Pepb	Code Reed-Solomon
0x20002520	RS(37,32)
0x20002620	RS(38,32)
0x20002820	RS(40,32)
0x20002B20	RS(43,32)
0x20002D20	RS(45,32)
0x20003020	RS(48,32)
0x20003320	RS(51,32)
0x20003520	RS(53,32)
0x20003820	RS(56,32)
0x20004020	RS(64,32)
0x20004B20	RS(75,32)
0x20005020	RS(80,32)
0x20005520	RS(85,32)
0x20006020	RS(96,32)
0x20007020	RS(112,32)
0x20008020	RS(128,32)
Autres valeurs des indices RS	Usage et enregistrement gérés par l'Autorité d'enregistrement JPWL

A.6.2 Capacité de protection contre les erreurs (EPC)

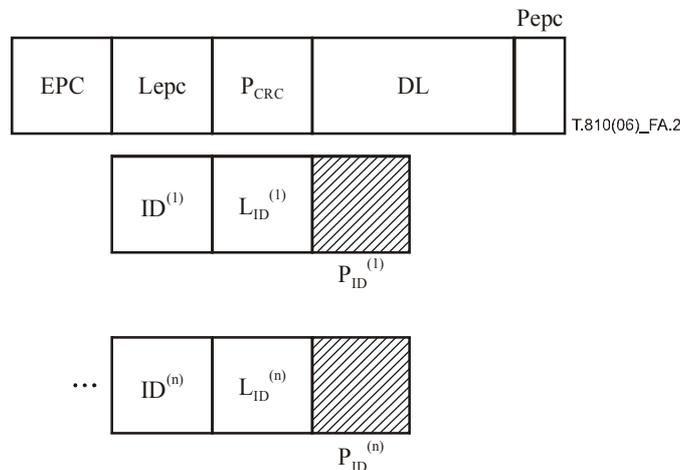
Le segment marqueur EPC indique les outils normatifs et informatiques JPWL qui sont employés dans le flux codé. Il indique notamment la présence du segment marqueur ESD, du segment marqueur RED et du segment marqueur EPB dans le flux codé. En outre, il signale l'emploi des outils informatiques qui ont été précédemment enregistrés auprès de l'Autorité d'enregistrement JPWL (voir Annexe K). Ces outils informatiques permettent de résister et/ou corriger les erreurs en faisant appel à des techniques telles que le codage entropique résistant aux erreurs, la protection UEP, la partition ou l'entrelacement des données. Le segment marqueur EPC peut aussi contenir des paramètres relatifs à ces outils informatiques.

Fonction: le segment marqueur EPC signale l'emploi des outils JPWL (segments marqueurs ESD, RED et EPB) ou des outils informatiques dans le flux codé. Voir l'Annexe C pour de plus amples informations sur l'emploi du segment marqueur EPC.

Usage: obligatoire dans l'en-tête principal, en option dans les en-têtes de pavé élémentaire. Un segment marqueur EPC au maximum est présent dans l'en-tête principal ou dans l'en-tête de pavé élémentaire.

Longueur: variable.

La syntaxe du segment marqueur EPC est représentée dans la Figure A.2. La signification des champs de données est analysée ci-après et la gamme des valeurs possibles pour chaque paramètre est définie dans le Tableau A.9. Une description plus détaillée du segment marqueur EPC est donnée à l'Annexe C.



- EPC:** code du marqueur. Dans le Tableau A.9 sont indiquées la dimension et les valeurs des paramètres du symbole du marqueur lui-même et de chacun des paramètres du segment marqueur.
- L_{EPC}:** longueur du segment marqueur en octets (marqueur non compris).
- P_{CRC}:** bits de contrôle de parité permettant de vérifier si le segment marqueur est endommagé.
- DL:** champ décrivant la longueur totale des données auxquelles se réfère le segment marqueur EPC (longueur du flux codé ou longueur de pavé élémentaire, en commençant à partir du segment marqueur SOC ou SOT).
- P_{epc}:** champ signalant l'emploi des segments marqueurs ESD, RED et EPB ou des techniques informatives dans le flux codé.
- ID⁽ⁱ⁾:** identificateur enregistré pour la protection technique *i*, en option, présent uniquement lorsque des informations techniques sont employées.
- L_{ID⁽ⁱ⁾}:** longueur des paramètres P_{ID⁽ⁱ⁾}, en option, présente uniquement lorsque des informations techniques sont employées.
- P_{ID⁽ⁱ⁾}:** paramètres pour la protection technique *i*, en option, présents uniquement lorsque des informations techniques sont employées.

Figure A.2 – Syntaxe de la capacité de protection contre les erreurs

Tableau A.9 – Valeurs des paramètres de la capacité de protection contre les erreurs

Paramètre	Dimension (en bits)	Valeurs
EPC	16	0xFF68
L_{epc}	16	$[9, 2^{16}-1]$
Perc	16	Contrôle de redondance cyclique du segment marqueur EPC, à l'exception du champ de données Perc. Emploie le contrôle CRC-CCITT (voir Annexe B).
DL	32	$[0, 2^{32}-1]$ Longueur des données exprimée en octets sous la forme d'un nombre entier non signé 0 indique la non-disponibilité de cette information.
P_{epc}	8	Voir Tableau A.10
ID ⁽ⁱ⁾	16	$[0, 2^{16}-1]$ 0 indique l'emploi de la technique EPB Voir Annexe B pour l'emploi de la technique EPB 1-15 sont réservés les autres valeurs sont enregistrées auprès de l'Autorité d'enregistrement.
$L_{ID}^{(i)}$	16	$[0, 2^{16}-1]$
$P_{ID}^{(i)}$	Variable	Si ID ⁽ⁱ⁾ =0, indiquant l'emploi de la technique EPB, $P_{ID}^{(i)}$ est la concaténation de tous les paramètres Pepb présents dans les segments marqueurs EPB, à l'exception de ceux qui correspondent aux codes prédéfinis et de ceux par défaut, indiqués dans le Tableau A.8 ainsi que des codes CRC, définis dans le Tableau A.7. Sinon, valeurs spécifiées par l'Autorité d'enregistrement JPWL.

Lorsque le segment marqueur EPB est employé pour la protection du flux codé, les paramètres d'identification du segment marqueur EPC ne doivent pas être présents pour décrire cette technique, si la méthode utilisée est l'une de celles qui est mentionnée dans le Tableau A.6 (codes prédéfinis), dans le Tableau A.7 (codes CRC) ou dans le Tableau A.8 (codes Reed-Solomon par défaut).

Si le segment marqueur EPC est situé dans l'en-tête principal, la longueur des données (DL, *data length*) est la longueur du flux codé, exprimée en octets sous la forme d'un nombre entier non signé, du premier octet du marqueur SOC jusqu'au dernier octet du marqueur de fin de flux codé (EOC, *end of codestream marker*).

Si le segment marqueur EPC est situé dans un en-tête de pavé élémentaire, la longueur des données (DL) est la longueur de ce pavé élémentaire, exprimée en octets sous la forme d'un nombre entier non signé, du premier octet du marqueur SOT jusqu'au dernier octet du pavé élémentaire.

Tableau A.10 – Paramètre Pepec

Pepec	Valeur du paramètre
xxx0 xxxx	Le marqueur ESD n'est pas présent
xxx1 xxxx	Un ou plusieurs marqueurs ESD sont présents
xx0x xxxx	Le marqueur RED n'est pas présent
xx1x xxxx	Un ou plusieurs marqueurs RED sont présents
x0xx xxxx	Le marqueur EPB n'est pas présent
x1xx xxxx	Un ou plusieurs marqueurs EPB sont présents
0xxx xxxx	Les techniques informatives ne sont pas employées
1xxx xxxx	Une ou plusieurs techniques informatives sont employées
0000 0000 – 0000 1111	Réservé pour utilisation ultérieure

A.6.3 Marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs (ESD)

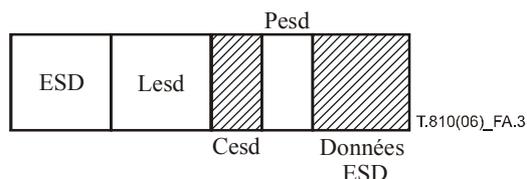
Le segment marqueur ESD peut être placé en tout endroit valable dans un en-tête principal et/ou dans un en-tête de pavé élémentaire du flux codé. Il est admis que plus d'un segment marqueur ESD soit présent dans l'en-tête principal ou dans l'en-tête du pavé élémentaire.

Fonction: le segment marqueur contient des informations sur la sensibilité s'appliquant à un flux codé ou à un pavé donné. Voir l'Annexe D pour de plus amples informations sur l'emploi des segments marqueurs ESD.

Usage: en-tête principal et/ou en-têtes de pavé élémentaire.

Longueur: variable, en fonction de l'usage et de la granularité de la description de la sensibilité aux erreurs.

La syntaxe du segment marqueur ESD est représentée dans la Figure A.3. La signification des champs de données est analysée ci-après; la gamme des valeurs possibles pour chaque paramètre est analysée à l'Annexe D. Une description détaillée de la nomenclature ESD et des fonctionnalités est donnée à l'Annexe D.



ESD: code du marqueur. Dans le Tableau A.11 sont indiquées la dimension et les valeurs des paramètres du symbole du marqueur lui-même et de chacun des paramètres du segment marqueur.

Lesd: longueur du segment marqueur en octets (marqueur non compris).

Cезд: spécifie la composante à laquelle renvoient les données ESD.

Pesd: champ décrivant l'usage de la structure de données.

Données ESD: enregistrements des valeurs de la sensibilité aux erreurs.

Figure A.3 – Syntaxe du segment marqueur ESD

Tableau A.11 – Paramètres du segment marqueur ESD

Paramètre	Dimension (bits)	Valeurs
ESD	16	0xFF67
Lesd	16	$4 - (2^{16} - 1)$
Cезд	8 ou 16	0-255 si Csiz < 257 0-16383 si Csiz ≥ 257 Spécifie la composante à laquelle renvoient les données ESD.
Pesd	8	0-255 (Voir Annexe D).
Données ESD	Variable	Ce champ contient des informations sur la sensibilité, liées aux données du flux codé, dans le format spécifié à l'Annexe D.

Tableau A.12 – Valeur du paramètre *Pesd*. Format: 0xb₇b₆b₅b₄b₃b₂b₁b₀

b ₇ b ₆	Ces bits spécifient le mode d'adressage du flux codé: 00: mode paquet (Note) 01: mode gamme d'octets 10: mode gamme de paquets (Note) 11: réservé pour utilisation ultérieure
b ₅ b ₄ b ₃	Ces bits spécifient le type de description de la sensibilité aux erreurs utilisée. 000: sensibilité relative aux erreurs 001: MSE (erreur quadratique moyenne) 010: réduction de l'erreur MSE 011: PSNR (rapport signal sur bruit crête) 100: augmentation du rapport PSNR 101: MAXERR (erreur crête absolue) 110: TSE (erreur quadratique totale) 111: réservé pour utilisation ultérieure
b ₂	S'il est mis sur 0, un octet est employé pour représenter les valeurs de la sensibilité; s'il est mis sur 1, deux octets sont employés pour représenter les valeurs de la sensibilité.
b ₁	0: deux octets sont employés pour indiquer les octets de début et de fin dans le <i>mode gamme d'octets</i> et les paquets de début et de fin dans le <i>mode gamme de paquets</i> . 1: quatre octets sont employés. Lorsque le <i>mode paquet</i> est employé, le bit doit être mis sur 0.
b ₀	S'il est mis sur 1, les valeurs de la sensibilité aux erreurs sont des valeurs moyennes de toutes les composantes. Dans ce cas, <i>Cesd</i> doit être égal à 0.
NOTE – Lorsque le mode d'adressage paquet ou gamme de paquets est employé, l'emploi des segments marqueurs d'en-tête principal de longueur de paquet (PLM, <i>packet length, main header marker</i>) ou PLT JPEG 2000 – partie 1 est recommandé.	

A.6.4 Marqueur descripteur d'erreurs résiduelles (RED)

Le segment marqueur RED peut être placé en tout endroit valable dans l'en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire. Le segment marqueur RED signale la présence d'erreurs résiduelles et peut aider à les traiter.

Après une forme quelconque de décodage du canal, certaines erreurs résiduelles peuvent encore affecter le flux codé. Comme décrit dans les précédentes sections, ces erreurs peuvent être très dommageables si elles sont situées dans l'un des en-têtes JPEG 2000 – partie 1. Afin de permettre au décodeur JPEG 2000 d'être au courant de la présence et de l'emplacement de ces erreurs, ainsi que de leur catégorie (par exemple basculement ou effacement de bit), on emploie le segment marqueur RED dans la norme JPWL pour incorporer cette information dans le flux codé. Le segment marqueur RED peut fonctionner en trois modes, à savoir le mode gamme d'octets, le mode paquet et le mode gamme de paquets:

- Dans le *mode gamme d'octets*, chaque unité de données est décrite en spécifiant explicitement son octet de début et son octet de fin dans le flux codé; la valeur concernant les erreurs résiduelles se rapporte à cette gamme précise d'octets. Les octets de début et de fin sont spécifiés sous la forme de deux ou quatre nombres entiers sans signe; cela permet de prendre en compte des flux codés "normaux" et "longs". La numérotation des octets dans le flux codé commence par zéro. Si le segment marqueur RED est situé dans l'en-tête principal, la numérotation des octets se réfère au début du flux codé (segment marqueur SOC compris). Si le segment marqueur RED est situé dans un en-tête de pavé élémentaire, la numérotation des octets se réfère au début de ce pavé élémentaire (segment marqueur SOT compris).
- Dans le *mode paquet*, les unités de données sont des paquets tels qu'ils sont définis dans la norme JPEG 2000 – partie 1. Une valeur concernant les erreurs résiduelles est spécifiée pour chacun des paquets dans le flux codé ou dans le pavé élémentaire, selon que le segment marqueur RED est contenu dans l'en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire.
- Dans le *mode gamme de paquets*, une gamme de paquets JPEG 2000, définie par un paquet de début et un paquet de fin, identifie une unité de données pour laquelle la valeur concernant les erreurs résiduelles est fournie. Les paquets de début et de fin sont spécifiés sous la forme d'entiers sans signe à deux ou quatre octets.

Lorsque le segment marqueur RED est situé dans l'en-tête principal et que le mode paquet ou gamme de paquets est employé, la numérotation des paquets correspond à l'ordre des paquets dans le flux codé. Lorsque le segment marqueur RED est situé dans l'en-tête d'un pavé élémentaire et que le mode paquet ou gamme de paquets est employé, la numérotation des paquets correspond à la numérotation employée à l'Annexe A.8.1/JPEG 2000 – partie 1, commençant par zéro à chaque nouveau pavé.

La Figure A.4 représente la syntaxe de la structure des données RED. Elle comporte les champs suivants:

- RED: code du marqueur. Dans le Tableau A.13 sont indiquées la dimension et les valeurs des paramètres du symbole marqueur lui-même et de chacun des paramètres du segment marqueur;
- L_{red} : longueur du segment marqueur en octets (marqueur non compris);
- P_{red} : champ décrivant l'usage de la structure de données;
- données RED: enregistrement des paramètres liés au marqueur descripteur d'erreurs résiduelles.

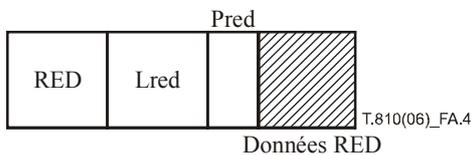


Figure A.4 – Syntaxe du segment marqueur descripteur d'erreurs résiduelles

Tableau A.13 – Valeurs des paramètres du marqueur descripteur d'erreurs résiduelles

Paramètre	Dimension (bits)	Valeurs
RED	16	0xFF69
L_{red}	16	$3 - (2^{16} - 1)$
P_{red}	8	$0 - 2^8 - 1$ Format P_{red} : 0xb7b6b5b4b3b2b1b0 b7b6 Mode d'adressage b7b6 = 00 mode paquet (Note) b7b6 = 01 mode gamme d'octets b7b6 = 10 mode gamme de paquets (Note) b7b6 = 11 réservé pour utilisation ultérieure b5b4b3 Niveau d'endommagement résiduel 000 – 111 b2 Réservé pour utilisation ultérieure b1 Longueur de l'adresse b1 = 0 – mode d'adressage à 2 octets b1 = 1 – mode d'adressage à 4 octets b0 Indicateur de flux codé sans erreurs b0 = 0 flux codé sans erreurs b0 = 1 erreur/effacement présent dans le flux codé
	Variable	Ce champ contient des informations sur les erreurs résiduelles, liées aux données de flux codé, dans le format spécifié à l'Annexe E.

NOTE – Lorsque le mode d'adressage paquet ou gamme de paquets est employé, l'emploi des segments marqueurs PLM ou PLT JPEG 2000 – partie 1 est recommandé.

Annexe B

Protection contre les erreurs dans les en-têtes

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

B.1 Introduction

Au cours de l'élaboration de la norme JPEG 2000, on a choisi un ensemble d'outils de résistance aux erreurs pour la norme JPEG 2000 – partie 1, à utiliser lors de la transmission d'images comprimées JPEG 2000 dans un environnement sujet à erreurs. Deux types d'outils sont disponibles, les uns au niveau des paquets, assurant la synchronisation, les autres au niveau du codage entropique, permettant la détection des erreurs. Pour de plus amples informations sur l'emploi des outils de résistance aux erreurs JPEG 2000 – partie 1, se reporter aux Annexes G et H.

Ces outils sont toutefois fondés sur une hypothèse essentielle, à savoir que les en-têtes (en-tête principal et en-tête(s) de ou des pavés élémentaires) dans la syntaxe du flux codé sont supposés être exempts d'erreur. Dans le cas d'erreurs dans les en-têtes, le flux codé ne sera pas convenablement décodable et l'application du décodeur pourrait se bloquer. Le pire est que, dans de nombreuses applications, on ne puisse généralement plus garantir que les en-têtes ne contiennent pas d'erreur. Le mécanisme de protection des en-têtes décrit ci-après dans la présente annexe consiste en un procédé où la protection est incorporée dans le flux codé JPEG 2000. Ce mécanisme est compatible avec les versions antérieures de la syntaxe de flux codé JPEG 2000 – partie 1.

B.1.1 Compatibilité avec les versions antérieures de la syntaxe du flux codé JPEG 2000 – partie 1

Pour obtenir une image comprimée JPEG 2000 – partie 1, on emploie des marqueurs et des segments marqueurs pour délimiter et signaler les informations comprimées, organisées en en-têtes (en-têtes principaux et en-têtes de pavé élémentaire) et en paquets. Cette organisation modulaire assure une organisation souple du flux codé permettant la représentation progressive des données, notamment en ce qui concerne la qualité et la résolution. Un flux codé JPEG 2000 – partie 1 débute toujours par un en-tête principal, suivi d'un ou de plusieurs en-têtes de pavé élémentaire, chacun d'eux suivi de paquets de données comprimées, et s'achève par un marqueur EOC, comme indiqué dans la Figure B.1.

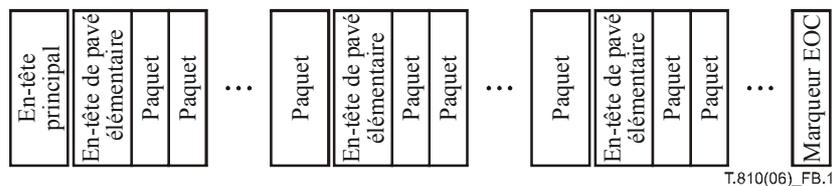


Figure B.1 – Structure du flux codé JPEG 2000

L'objectif étant d'obtenir un flux codé conforme à la Rec. UIT-T T.800 | ISO/CEI 15444-1 après avoir inséré des informations redondantes, il est nécessaire de placer ces informations de telle manière qu'aucun décodeur JPEG 2000 – partie 1 ne tente pas de les interpréter. Une solution consiste à insérer les informations redondantes dans un segment marqueur spécifique. Un décodeur JPEG 2000 – partie 1 ignorera alors le segment marqueur inconnu et oubliera les données ajoutées, tandis qu'un décodeur JPWL sera en mesure d'interpréter et d'employer la redondance pour la protection des en-têtes.

Les conditions de fonctionnement d'un tel mécanisme sont les suivantes:

- le décodeur doit être en mesure de localiser le bloc de données d'information redondantes dans le flux codé sans produire des données complexes d'indexation (qui devraient aussi être protégées contre les erreurs) ni modifier les premiers segments marqueurs imposés pour la compatibilité avec les versions antérieures;
- le marqueur lui-même et sa longueur doivent être inclus dans le domaine de données devant être protégées;
- un code d'erreur de bloc donné doit être employé pour protéger au moins les données concernant les paramètres des segments marqueurs de bloc de protection contre les erreurs;

Le segment marqueur EPB est placé immédiatement après les emplacements obligatoires pour les segments marqueurs JPEG 2000 – partie 1:

- après les segments marqueurs SOC et SIZ pour l'en-tête principal;
- après le marqueur SOT pour l'en-tête de pavé élémentaire.

L'emploi d'un mécanisme systématique de correction d'erreurs vers l'avant assure que les deux premières conditions sont vérifiées.

B.1.2 Mécanisme de correction d'erreurs vers l'avant

Les codes de correction et de détection d'erreurs sont traditionnellement employés pour assurer une fonction de correction d'erreurs vers l'avant dans des environnements sujets à erreurs [8]. Les codes systématiques sont ceux qui produisent une quantité d'informations redondantes sans toucher aux données initiales.

Etant donné que les flux codés JPEG 2000 – partie 1 sont alignés en ce qui concerne les octets, il est particulièrement intéressant de travailler avec le champ de Galois $GF(2^8)$ pour assurer la fonction de correction d'erreurs. Une famille bien connue et bien adaptée de codes systématiques dans ce contexte est celle des codes Reed-Solomon (RS). Dans ce qui suit, nous examinerons l'exemple des codes RS en tant que codes FEC pour la protection des en-têtes et les désignerons RS(N,K) où N est la longueur du symbole des mots de code et K est le nombre de symboles d'information.

Les codes RS(N,K) appliqués aux K octets produiront N-K octets redondants, qui peuvent être placés après les K octets initiaux (systématiques), cette procédure étant appliquée aussi longtemps que nécessaire, comme illustré dans la Figure B.2.

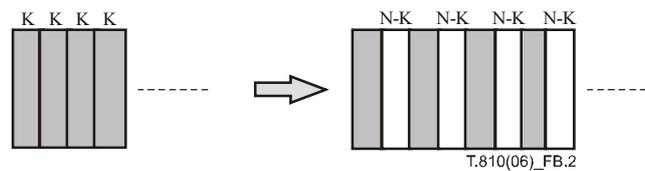


Figure B.2 – Exemple de génération de redondances au moyen d'un code RS(N,K)

B.2 Codes prédéfinis de correction d'erreurs

Puisque au cours de la transmission, dans un environnement sujet à erreurs, des erreurs peuvent se produire partout dans le flux codé JPEG 2000, l'outil de protection des en-têtes ne peut se fier aux informations des paramètres en ce qui concerne le code de correction d'erreurs à employer. Un ensemble de codes prédéfinis a donc été défini, tandis que le segment marqueur EPB permet d'en choisir d'autres pour une certaine partie des en-têtes. Les codes systématiques possibles de correction d'erreurs sont énumérés dans le Tableau A.6.

Afin de surmonter efficacement les rudes conditions de transmission, ces codes prédéfinis possèdent une grande capacité de correction tout en limitant le bourrage d'octets. Trois codes prédéfinis de correction d'erreurs ont été définis pour la protection des en-têtes principaux ainsi que ceux des pavés élémentaires:

- RS(160,64) pour le premier segment marqueur EPB de l'en-tête principal;
- RS(80,25) pour le premier segment marqueur EPB d'un en-tête de pavé élémentaire;
- RS(40,13) pour les autres segments marqueurs EPB tant des en-têtes principaux que ceux des pavés élémentaires.

Ces codes Reed-Solomon sont toujours employés pour la protection des en-têtes principaux ainsi que ceux des pavés élémentaires, ainsi que des paramètres de tous les segments marqueurs EPB. D'autres codes peuvent être employés pour la protection des autres parties des en-têtes en utilisant une valeur $Pepb$ appropriée.

L'emploi de la protection contre les erreurs peut être interrompue dans l'en-tête en utilisant une longueur de données $LDPe pb$ appropriée et en indiquant la fin du domaine de données protégé contre les erreurs au moyen de la valeur $Pepb$.

B.3 Protection des en-têtes au moyen des segments marqueurs de bloc de protection contre les erreurs

B.3.1 Protection contre les erreurs dans les en-têtes principaux

Lorsqu'il rencontre un segment marqueur EPB, le décodeur JPWL peut effectuer la correction du flux codé auquel il est renvoyé. Lorsqu'il effectue cette correction pour l'en-tête principal, le décodeur JPWL le fait d'abord pour les segments marqueurs SOC et SIZ ainsi que pour les paramètres du segment marqueur EPB. Ce domaine de données correspond au domaine L1 dans la Figure B.3. Les informations redondantes nécessaires à cette correction sont situées au début des données redondantes EPB, comme illustré au moyen du domaine L2 dans la Figure B.3.

Une fois les paramètres EPB corrigés, il est alors possible d'en tenir compte, en particulier des paramètres $Depb$, $LDPe pb$ et $Pepb$. Ils sont nécessaires à la correction d'erreurs dans les parties restantes de l'en-tête principal. Ils permettent d'adapter la redondance des codes de correction d'erreurs aux conditions d'erreurs. Cette structure permet de

protéger différemment les segments marqueurs JPEG 2000 – partie 1 fondamentaux, tels que les segments marqueurs de quantification par défaut (QCD, *quantization default marker*), tandis que les segments marqueurs en option tels que les segments marqueurs PLM peuvent être protégés à l'aide d'une redondance moindre ou même ne pas être protégés du tout.



Figure B.3 – Emplacement du marqueur EPB dans l'en-tête principal et domaines protégés

Dans la Figure B.3 est illustré le cas où un seul segment marqueur EPB est employé pour protéger l'en-tête principal. Dans ce cas, les données du domaine L1 sont protégées par la partie L2 des données EPB, au moyen du code de correction d'erreurs par défaut de l'en-tête principal. Les données du domaine L4 sont protégées par la partie L3, le code de correction d'erreurs étant spécifié dans le paramètre Pepb.

Le paramètre LDPepb permet d'interrompre la protection contre les erreurs en tout emplacement dans l'en-tête principal où sont alignés des octets. Il donne le nombre d'octets qui sont protégés à l'aide du code de correction d'erreurs par défaut et du code spécifié dans le paramètre Pepb. A titre d'exemple, dans la Figure B.3, le paramètre LDPepb vaut L1 + L4 octets. Il ne doit pas amener à tenir compte de données qui ne figurent pas dans l'en-tête principal.

L'en-tête principal peut contenir plusieurs segments marqueurs EPB, qui peuvent être placés de manière non compacte ou compacte. Par segments marqueurs compacts, on entend qu'ils se présentent l'un après l'autre, avant le reste des informations de l'en-tête principal, alors que par segment marqueurs non compacts, on entend qu'ils se présentent juste avant la partie des données à laquelle ils se réfèrent. Un exemple de segments marqueurs EPB est donné ci-après dans la présente annexe. Pour chaque nouveau segment marqueur EPB, le code prédéfini RS(40,13) doit être employé en vue de corriger ses propres paramètres.

B.3.2 Protection contre les erreurs dans les en-têtes de pavé élémentaire

Lorsqu'un segment marqueur EPB est présent dans le ou les en-têtes de pavé élémentaire, le décodeur JPWL peut effectuer une correction du segment marqueur SOT, ainsi que des paramètres du segment marqueur EPB. Ce domaine de données correspond à la partie L1 dans la Figure B.4. Les informations redondantes nécessaires à cette correction sont situées au début des données redondantes EPB, représentées par la partie L2 dans la Figure B.4.

Une fois les paramètres EPB corrigés, il est alors possible d'en tenir compte, en particulier des paramètres Depb, LDPepb et Pepb. Ils sont nécessaires à la correction d'erreurs dans les parties restantes de l'en-tête de pavé élémentaire. Ils permettent d'adapter la redondance des codes de correction d'erreurs aux conditions d'erreurs. Cette structure permet de protéger différemment les segments marqueurs JPEG 2000 – partie 1 fondamentaux, tels que les segments marqueurs QCD, tandis que les segments marqueurs en option tels que les segments marqueurs PLT peuvent être protégés à l'aide d'une redondance moindre ou même ne pas être protégés du tout.

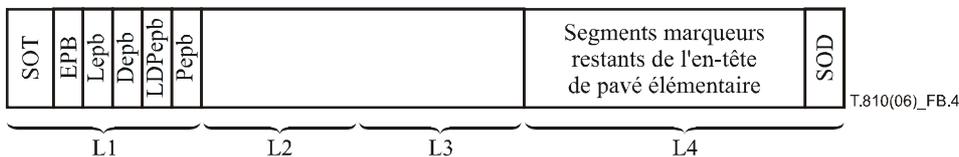


Figure B.4 – Emplacement du marqueur EPB dans l'en-tête de pavé élémentaire et domaines protégés

Dans la Figure B.4 est illustré le cas où un seul segment marqueur EPB est employé pour protéger l'en-tête de pavé élémentaire. Dans ce cas, les données du domaine L1 sont protégées par la partie L2 des données EPB, au moyen du code de correction d'erreurs par défaut de l'en-tête de pavé élémentaire. Les données du domaine L4 sont protégées par la partie L3, le code de correction d'erreurs étant spécifié dans le paramètre Pepb.

Le paramètre LDPepb permet d'interrompre la protection contre les erreurs en tout emplacement dans l'en-tête de pavé élémentaire où sont alignés des octets. Il donne le nombre d'octets qui sont protégés à l'aide du code de correction d'erreurs par défaut et du code spécifié dans le paramètre Pepb. A titre d'exemple, dans la Figure B.4, le paramètre

LDPePB vaut L1 + L4 octets. Pour les segments marqueurs EPB présents dans les en-têtes de pavé élémentaire, il peut amener à tenir compte de données qui ne figurent pas dans l'en-tête de pavé élémentaire. Cette propriété est nécessaire pour permettre l'emploi des segments marqueurs EPB pour la protection différenciée contre les erreurs, comme expliqué à l'Annexe I.

B.3.3 Blocs compacts et non compacts de protection contre les erreurs

Lorsque l'en-tête principal ou l'en-tête de pavé élémentaire est de grande dimension, par exemple, en raison de l'introduction de plusieurs segments marqueurs d'en-tête principal des en-têtes de paquet compacts (PPM, *packed packet headers, main header marker*) ou d'en-tête de pavé élémentaire des en-têtes de paquet compacts (PPT, *packed packet headers, tile-part main header marker*), il est possible d'employer plus d'un segments marqueurs EPB. Le paramètre Depb spécifié dans la Tableau A.5 permet d'assurer cette fonction. Ce paramètre permet aussi d'indiquer comment les informations EPB ont été placées dans l'en-tête. Les possibilités de chaînage de ces informations sont doubles, la propriété de protection contre les erreurs étant conservée.

- Une manière consiste à imbriquer entre plusieurs segments marqueurs EPB des segments marqueurs de l'en-tête à protéger. Cette structure est nommée "segments marqueurs EPB non compacts".
- L'autre manière, qui assure une longueur optimale d'informations redondantes, conduit aux "segments marqueurs EPB compacts", à savoir le regroupement de tous les segments marqueurs EPB avant les segments marqueurs restants de l'en-tête.

Dans les deux cas, l'information du "dernier marqueur EPB" permet d'indiquer que les segments marqueurs EPB sont les derniers dans l'en-tête. Ceci est particulièrement intéressant lorsque l'option des segments marqueurs EPB compacts est employée, permettant de localiser les données restantes de l'en-tête, situées juste après le segment marqueur EPB concerné.

Dans les deux cas encore, pour chaque nouveau segment marqueur EPB, à l'exception du premier dans l'en-tête, le code prédéfini RS(40,13) doit être employé pour la correction des paramètres EPB, tandis que les données restantes prises en compte par le paramètre LDPePB sont protégées au moyen des outils décrits dans le paramètre PePB.

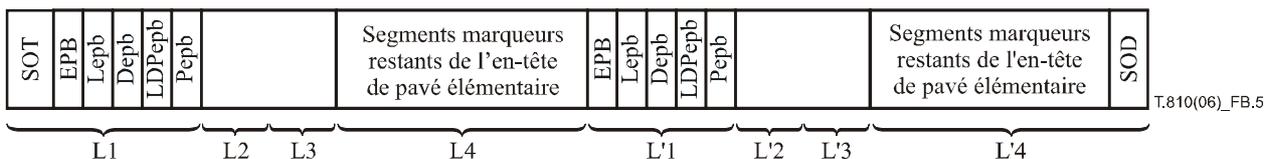


Figure B.5 – Emplacement des marqueurs EPB non compacts dans l'en-tête de pavé élémentaire et domaines protégés

Dans la Figure B.5 est illustré le cas où deux segments marqueurs EPB non compacts sont employés pour protéger l'en-tête de pavé élémentaire. Dans ce cas, les données du domaine L1 sont protégées par la partie L2 des premières données EPB, et les données du domaine L'1 sont protégées par la partie L'2 des deuxièmes données EPB, au moyen du code de correction d'erreurs par défaut de l'en-tête de pavé élémentaire. Les données du domaine L4 sont protégées par la partie L3, le code de correction d'erreurs étant spécifié dans le paramètre PePB du premier segment marqueur EPB. Les données du domaine L'4 sont protégées par la partie L'3, le code de correction d'erreurs étant spécifié dans le paramètre PePB du deuxième segment marqueur EPB.

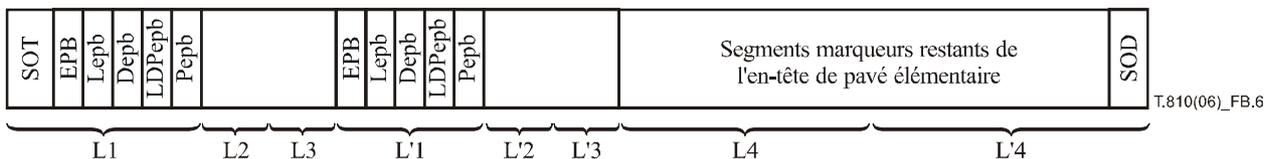


Figure B.6 – Emplacement des marqueurs EPB compacts dans l'en-tête de pavé élémentaire et domaines protégés

Dans la Figure B.6 est illustré le cas où deux segments marqueurs EPB compacts sont employés pour protéger l'en-tête de pavé élémentaire. Dans ce cas, les données du domaine L1 sont protégées par la partie L2 des premières données EPB, et les données du domaine L'1 sont protégées par la partie L'2 des deuxièmes données EPB, au moyen du code de correction d'erreurs par défaut de l'en-tête de pavé élémentaire. Les données du domaine L4 sont protégées par la partie L3, le code de correction d'erreurs étant spécifié dans le paramètre PePB du premier segment marqueur EPB. Les

données du domaine L'4 sont protégées par la partie L'3, le code de correction d'erreurs étant spécifié dans le paramètre Pepb du deuxième segment marqueur EPB.

B.3.4 Contrôle de redondance cyclique

Le paramètre Pepb permet de décrire deux types de techniques différentes, le contrôle de redondance cyclique et la correction d'erreurs, tout en décrivant les paramètres à employer par ces techniques. Afin de garantir que les données ont été transmises sans erreurs, la plupart des protocoles de communication font appel à la procédure de contrôle de la parité nommé contrôle de redondance cyclique (CRC) [11]. Les codes CRC sont un sous-ensemble de codes de bloc linéaires.

Le contrôle CRC peut être employé dans les segments marqueurs EPB, au lieu des données redondantes de correction d'erreurs, sauf pour les paramètres des segments marqueurs EPB, qui sont toujours protégés au moyen du code par défaut approprié de protection contre les erreurs. L'emploi du contrôle CRC est signalé par le paramètre Pepb du segment marqueur EPB (voir Tableaux A.6 et A.7).

Un contrôle CRC à M bits possède la propriété mathématique de détecter toutes les erreurs qui se produisent dans M ou un nombre inférieur de bits consécutifs et une probabilité de 1 sur 2^M de ne pas détecter d'erreur. Dans les applications habituelles, le contrôle CRC a une longueur de 16 bits.

Un contrôle CRC à M bits est fondé sur un polynôme de degré M. Pour la norme JPWL, on emploie les deux polynômes suivants:

Pour le contrôle CRC (CCITT-CRC/X25) à 16 bits: $x^{16}+x^{12}+x^5+1$

Pour le contrôle CRC (AUTODIN/ETHERNET) à 32 bits: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$

Annexe C

Capacité de protection contre les erreurs

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

C.1 Utilisation du segment marqueur de la capacité de protection contre les erreurs

Le segment marqueur EPC signale lorsque les trois autres segments marqueurs normatifs définis par la norme JPWL, à savoir le marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs (ESD), le marqueur descripteur d'erreurs résiduelles (RED) et le bloc de protection contre les erreurs (EPB), sont présents dans le flux codé. En outre, il signale l'utilisation d'outils informatiques dans le but de protéger le flux codé contre les erreurs de transmission. Ces outils font appel à des techniques telles que le codage entropique résistant aux erreurs, les codes FEC, la protection UEP et la partition/l'entrelacement des données. Ces outils informatiques ne sont pas définis dans la présente Recommandation | Norme internationale, mais ils sont enregistrés auprès de l'Autorité d'enregistrement JPWL. Au moment de l'enregistrement, chaque outil est affecté d'un identificateur qui l'identifie de manière unique. De plus amples informations sur les interventions de l'Autorité d'enregistrement sont données à l'Annexe K. Le segment marqueur EPC prévoit aussi le traitement des paramètres liés à ces outils informatiques. Lorsqu'il rencontre un flux codé, le décodeur peut identifier, en analysant le segment marqueur EPC et en interrogeant l'Autorité d'enregistrement, le ou les outils qui ont été employés pour protéger ce flux codé. Il peut ensuite prendre les mesures appropriées pour décoder le flux codé, par exemple acquérir ou télécharger l'outil approprié.

Le segment marqueur EPC est obligatoire dans l'en-tête principal, mais en option dans l'en-tête de pavé élémentaire. Au plus un segment marqueur EPC peut être présent dans chaque en-tête principal ou en-tête de pavé élémentaire.

Un segment marqueur EPC peut contenir plus d'un identificateur (avec les paramètres relatifs), indiquant que plus d'une technique de protection contre les erreurs a été appliquée au flux codé. L'ordre d'apparition des identificateurs dans le segment marqueur EPC est celui dans lequel les techniques doivent être appliquées du côté *décodeur*. Un segment marqueur EPC est autorisé à ne pas contenir d'identificateur.

Si une technique s'applique à l'ensemble du flux codé, son identificateur doit être indiqué dans le segment marqueur EPC dans l'en-tête principal. Un segment marqueur EPC dans un en-tête de pavé élémentaire peut contenir des identificateurs des techniques qui sont appliquées à ce pavé élémentaire.

Le codeur a la charge de faire en sorte que la combinaison de deux ou de plusieurs techniques conduise à des résultats cohérents et sensés et que le décodeur dispose de suffisamment de ressources pour effectuer le décodage. Afin d'éviter une surcharge en matière de traitement, le décodeur n'est pas obligé, en cas de techniques multiples, de décoder toutes les techniques; ceci lui permet aussi de ne traiter que les parties du flux codé protégées par des techniques connues. En outre, il convient de noter que la combinaison de deux ou de plusieurs techniques peut être enregistrée auprès de l'Autorité d'enregistrement comme étant une seule nouvelle technique.

C.2 Paramètre P_{CRC}

Le paramètre P_{CRC} est un paramètre à 16 bits qui contient des bits de contrôle de parité destinés à vérifier si le marqueur EPC a été endommagé par des erreurs. En particulier, le contrôle CRC est calculé sur un mot de code comportant la concaténation des grandeurs EPC, L_{EPC} , CL, P_{EPC} et la séquence complète $ID^{(i)}$, $L_{ID}^{(i)}$ et $P_{ID}^{(i)}$ (à savoir, le segment marqueur complet à l'exception du paramètre P_{CRC} lui-même). Le contrôle CCITT-CRC/X25 défini au § B.3.4 doit être employé pour générer les bits de parité.

C.3 Longueur des données

Une séquence vidéo comprimée peut être transmise sous la forme d'une séquence de flux codés bruts. Dans ce cas, le décodeur doit prendre soin d'assurer correctement la synchronisation avec le début de chaque nouvelle trame. Tandis que cette question ne se pose pas lorsqu'il n'y a pas d'erreurs, puisque les marqueurs SOC et EOC peuvent être analysés en vue de localiser le début et la fin de chaque flux codé, dans un environnement sujet à erreurs cela peut ne pas être le cas, ces marqueurs pouvant être endommagés et donc inutilisables. Pour cette raison, il est utile que des informations "redondantes" soient insérées, qui peuvent être exploitées par le décodeur afin que soit améliorée son aptitude à la resynchronisation après une défaillance au décodage. A ces fins, le segment marqueur EPC contient le paramètre longueur de données (DL , *data length*) qui indique, lorsque le segment marqueur EPC est situé dans l'en-tête principal, la longueur totale L en octets du flux codé. En conséquence, si le marqueur EOC ne se trouve pas où il était attendu, le décodeur peut sauter L octets en commençant par le marqueur SOC et vérifier si le marqueur SOC de la trame suivante n'est pas endommagé. Sinon, si le marqueur SOC de cette trame est aussi endommagé, le décodeur peut rechercher le marqueur SOC de la dernière trame, passer $L+2$ octets et vérifier la présence du marqueur SOC de la trame suivante.

Le paramètre DL est un nombre entier non signé employant 4 octets, qui représente la longueur en octets du flux codé, lorsque le segment marqueur EPC est situé dans l'en-tête principal, ou zéro, lorsque cette information n'est pas disponible.

Le paramètre DL est aussi un nombre entier non signé employant 4 octets, qui représente la longueur en octets de l'en-tête de pavé élémentaire, lorsque le segment marqueur EPC est situé dans cet en-tête de pavé élémentaire, ou zéro, lorsque cette information n'est pas disponible.

C.4 Paramètre P_{EPC}

Le paramètre P_{EPC} est un paramètre à 8 bits qui indique la présence des segments marqueurs ESD, RED et EPB dans le flux codé, ainsi que l'utilisation des outils informatiques. Cette information est utile afin que le décodeur puisse rapidement savoir si le flux codé peut être décodé et quelles informations sont disponibles dans le flux codé.

C.5 Identification des outils (ID, *identification of tools*)

Les outils informatiques destinés à protéger le flux codé contre les erreurs de transmission doivent être enregistrés auprès de l'Autorité d'enregistrement (voir Annexe K). Au moment de l'enregistrement, chaque outil est affecté d'un identificateur qui l'identifie de manière unique.

Du côté codeur, lorsqu'un outil informatique enregistré est employé, l'identificateur correspondant est inséré dans le segment marqueur EPC afin de signaler son emploi. Du côté décodeur, le décodeur analyse le segment marqueur EPC et peut identifier les outils informatiques enregistrés qui ont été employés. Il peut ensuite interroger l'Autorité d'enregistrement sur ces outils et prendre les mesures les plus appropriées pour décodé le flux codé (par exemple acquérir ou télécharger l'outil approprié).

Les valeurs 0 à 15 pour l'identificateur sont réservées.

C.6 Paramètres P_{ID} pour les outils

Ce paramètre peut être utilisé pour signaler des paramètres pour les outils, employés pour le flux codé.

Le format de ce paramètre P_{ID} n'est pas spécifié dans la présente Recommandation | Norme internationale, mais il est enregistré auprès de l'Autorité d'enregistrement au moment de l'enregistrement de l'outil.

Annexe D

Marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs

(La présente annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

D.1 Introduction et applications

Les informations de sensibilité aux erreurs sont une mesure de la sensibilité aux erreurs des différentes parties du flux codé, à savoir l'effet de perte de parties sur la qualité de l'image décodée. La signalisation de la sensibilité aux erreurs a plusieurs applications possibles; quelques-unes sont décrites ci-après:

- protection différenciée contre les erreurs. Lors de la protection UEP, des codes plus puissants sont attribués aux parties les plus sensibles du flux codé. Cela conduit généralement, pour une stratégie de protection égale, à un rapport PSNR moyen plus élevé. L'attribution des codes aux différentes parties du flux codé dépend de la sensibilité de chacune de ces parties. Il convient de noter que pour une protection différenciée, les informations sur la sensibilité aux erreurs sont exploitées par le codeur, mais non requises par le décodeur qui doit simplement savoir quels paramètres de protection ont été employés (voir l'exemple de protection UEP à l'Annexe I);
- transcodage du débit. Dans certaines applications, il peut exister un sous-système chargé de la transmission à un ou plusieurs utilisateurs d'images et de vidéo provenant d'une source unique. Le sous-système peut être conscient de la syntaxe du flux codé et peut effectuer une analyse de base. Si le transcodage du débit doit être effectué pour adapter le débit des données entrantes aux conditions de transmission, le sous-système peut adopter des politiques de qualité de service intelligentes en ne tronquant pas seulement le flux codé, mais en recherchant le tableau des sensibilités aux erreurs pour garantir que le débit choisi pour la troncature fournisse un niveau raisonnable de qualité d'image;
- retransmissions sélectives. Les capacités du sous-système peuvent aussi être exploitées pour optimiser la gestion de la retransmission, en attribuant un plus grand nombre de tentatives de retransmission aux parties du flux codé qui sont, sur la base d'informations relatives à la sensibilité aux erreurs, plus critiques du point de vue de la qualité;
- préextraction intelligente. Dans les applications de vidéo transmise en continu, le sous-système peut décider de préextraire des trames courantes et des trames suivantes les paquets les plus importants et de les envoyer d'avance. Cela permet d'effectuer un plus grand nombre de retransmissions dans le cas où certains de ces paquets devaient se perdre. Les parties les plus importantes du flux codé peuvent être choisies en examinant simplement le contenu du marqueur descripteur ESD.

Il convient de noter que les informations relatives à la sensibilité aux erreurs sont moins cruciales que d'autres parties d'un flux codé conforme à la norme JPEG 2000 – partie 11, parce qu'elles ne sont pas absolument nécessaires au décodage.

D.2 Définition et emplacement du marqueur dans le flux codé

Le marqueur descripteur ESD est un segment marqueur qui contient des informations relatives à la sensibilité aux erreurs des différentes parties d'un flux codé ou d'un pavé.

Le segment marqueur ESD doit être présent dans l'en-tête principal et/ou dans les en-têtes de pavé élémentaire. S'il est présent dans l'en-tête principal, sa description de la sensibilité doit s'appliquer à l'ensemble du flux codé, tandis que s'il est présent dans un en-tête de pavé élémentaire la description ne doit s'appliquer qu'à ce pavé élémentaire. Il est prévu qu'en cas d'ambiguïté, si un segment marqueur ESD est présent tant dans l'en-tête principal que dans l'en-tête d'un pavé élémentaire, les informations du segment marqueur ESD dans l'en-tête du pavé élémentaire supplantent celles du segment marqueur ESD dans l'en-tête principal. Il est admis que plus d'un segment marqueur ESD peut être présent dans l'en-tête principal et dans l'en-tête de pavé élémentaire; cela peut servir à obtenir la sensibilité aux erreurs au moyen de *différentes* mesures, par exemple les erreurs MSE et MAXERR. Il est toutefois possible que deux segments marqueurs soient présents dans un en-tête donné et emploient la même mesure d'erreur, en couvrant des parties se chevauchant du flux codé. Afin d'éviter l'ambiguïté dans la description de la sensibilité aux erreurs, il est prévu que, pour ce qui est des parties se chevauchant avec la même mesure, il faut employer les valeurs de la sensibilité aux erreurs du dernier segment marqueur ESD.

D.3 Subdivision du flux codé en unités de données

Des informations relatives à la sensibilité sont fournies pour une ou plusieurs unités de données dans le flux codé. Dans la présente annexe sont spécifiés trois modes d'adressage différents pour définir les unités de données, à savoir le *mode paquet*, le *mode gamme d'octets* et le *mode gamme de paquets*.

- Dans le *mode gamme d'octets*, chaque unité de données est décrite en spécifiant explicitement son octet de début et son octet de fin dans le flux codé; la valeur de la sensibilité se rapporte à cette gamme précise d'octets. Les octets de début et de fin sont spécifiés sous la forme d'entiers non signés à deux ou quatre octets; cela permet de prendre en compte des flux codés "normaux" et "longs". La numérotation des octets dans le flux codé commence par zéro. Si le segment marqueur ESD est situé dans l'en-tête principal, la numérotation des octets se réfère au début du flux codé (segment marqueur SOC compris). Si le segment marqueur ESD est situé dans un en-tête de pavé élémentaire, la numérotation des octets se réfère au début de ce pavé élémentaire (segment marqueur SOT compris).
- Dans le *mode paquet*, les unités de données sont des paquets tels qu'ils sont définis dans la norme JPEG 2000 – partie 1. Une valeur de la sensibilité est spécifiée pour chacun des paquets dans le flux codé ou dans le pavé élémentaire, selon que le segment marqueur ESD est contenu dans l'en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire.
- Dans le *mode gamme de paquets*, une gamme de paquets JPEG 2000, définie par un paquet de début et un paquet de fin, identifie une unité de données pour laquelle la valeur de la sensibilité est fournie. Les paquets de début et de fin sont spécifiés sous la forme d'entiers non signés à deux ou quatre octets.

Lorsque le segment marqueur ESD est situé dans l'en-tête principal et que le mode paquet ou gamme de paquets est employé, la numérotation des paquets correspond à l'ordre des paquets dans le flux codé. Lorsque le segment marqueur ESD est situé dans l'en-tête d'un pavé élémentaire et que le mode paquet ou gamme de paquets est employé, la numérotation des paquets correspond à la numérotation employée au § A.8.1/JPEG 2000 – partie 1, commençant par zéro à chaque nouveau pavé.

D.4 Informations relatives à la sensibilité

D.4.1 Signification des valeurs de la sensibilité

Pour des images à composantes multiples, les valeurs de la sensibilité aux erreurs contenues dans le segment marqueur peuvent se rapporter à une seule composante ou peuvent être considérées comme valeurs moyennes pour l'ensemble des composantes, ainsi que spécifié par le paramètre *Pesd*.

Les valeurs de la sensibilité peuvent s'exprimer de deux manières différentes, à savoir sous la forme de valeurs de sensibilité *relative* ou *absolue*. (A noter que la définition de *sensibilité relative* dans la norme JPWL est équivalente celle d'*importance relative* dans la norme JPSEC). La sensibilité relative s'exprime comme un nombre entier non signé qui décrit la sensibilité aux erreurs dans une partie donnée du flux codé par rapport aux autres parties. La sensibilité absolue se rapporte aux informations relatives à la sensibilité qui se rapportent à une mesure particulière d'erreurs telles que l'erreur MSE, le rapport PSNR ou l'erreur MAXERR. Le paramètre *Pesd* spécifie si le mode sensibilité relative ou absolue est employé.

Les informations concernant la sensibilité relative pour chacune des unités de données du flux codé doivent être exprimées sous la forme d'un nombre entier non signé allant de 0 à 2^P-1 . Le paramètre *P* peut être 8 ou 16; cela permet de choisir entre une description sommaire mais compacte et une description plus précise. Il est prévu que les valeurs les plus grandes de la sensibilité soient attribuées aux parties "les plus importantes" du flux codé. La valeur 2^P-1 doit être exclusivement réservée aux en-têtes principaux et aux en-têtes de pavé élémentaire. Les unités de données, en particulier, qui contiennent partiellement ou entièrement l'en-tête principal ou l'en-tête de pavé élémentaire d'un flux codé donné, peuvent avoir une sensibilité égale à 2^P-1 ; en revanche, les unités de données *ne* contenant *pas* de parties d'en-tête principal ou d'en-tête de pavé élémentaire ne doivent pas avoir une sensibilité égale à 2^P-1 . La valeur 0 doit être employée pour des parties de flux codé pour lesquelles des informations sur la sensibilité ne sont pas spécifiées. Toutes les autres valeurs doivent représenter l'importance relative de la partie considérée de flux codé, dans l'intervalle $[1, 2^P-2]$, les nombres plus grands indiquant les niveaux d'importance plus élevés.

Les valeurs de la sensibilité absolue peuvent aussi être exprimées au moyen d'un ou de deux octets, comme indiqué dans le paramètre *Pesd*. La valeur 0xFF pour le cas à un octet (respectivement 0xFFFF pour le cas à deux octets) doit être exclusivement réservée aux en-têtes principaux et aux en-têtes de pavé élémentaire. Les unités de données, en particulier, qui contiennent partiellement ou entièrement l'en-tête principal ou l'en-tête de pavé élémentaire d'un flux codé donné, peuvent avoir une sensibilité égale à zéro; en revanche, les unités de données *ne* contenant *pas* de parties d'en-tête principal ou d'en-tête de pavé élémentaire ne doivent pas avoir une sensibilité égale à zéro. La valeur 0 doit être employée pour des parties de flux codé pour lesquelles des informations sur la sensibilité ne sont pas spécifiées. Toutes les autres valeurs doivent représenter la valeur de la mesure liée à la partie considérée de flux codé.

Les valeurs de la sensibilité absolue sont liées à une mesure spécifique d'erreurs/de qualités, telles que les erreurs MSE et TSE, le rapport PSNR ou l'erreur MAXERR. Des mesures d'erreurs normales ou incrémentielles peuvent être employées, telles que les mesures des erreurs MSE et de la réduction des erreurs MSE ou des rapports PSNR et de l'augmentation des rapports PSNR. Par erreur MSE, on entend l'erreur quadratique moyenne imputable au décodage jusqu'à (et y compris) l'unité de données pour laquelle l'erreur MSE est spécifiée; la réduction d'erreur MSE spécifie l'amélioration en matière d'erreur obtenue lors du décodage de cette unité de données; et de façon analogue pour le rapport PSNR. L'erreur TSE se réfère à l'erreur quadratique totale, contrairement à l'erreur quadratique moyenne.

La mesure des erreurs/de la qualité se réfère à l'image entière ou à un pavé, selon que le marqueur descripteur ESD est présent dans un en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire.

Puisque ces informations peuvent être difficiles à évaluer, aucune précision n'est exigée. Ces mesures doivent être exprimées en unités linéaires; en particulier, en désignant par x_i (avec $i=1, \dots, N$) les valeurs de N pixels de l'image initiale et par r_i celles de l'image décodée, la mesure des erreurs est définie comme suit:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - r_i)^2$$

$$TSE = MSE * N$$

$$PSNR = \frac{M^2}{MSE}$$

$$MAXERR = \max_i |x_i - r_i|$$

où M est la valeur maximale prise pour l'image initiale dans une représentation donnée (par exemple, pour des images à 8 bits, $M=255$); en supposant que l'image est enregistrée à l'aide de Q bits significatifs, la valeur de M doit être égale à 2^Q-1 si les données sont des entiers non signés, et à $2^{Q-1}-1$ si elles ont un signe.

Dans le format à deux octets, les valeurs de la sensibilité absolue doivent être exprimées sous la forme d'un nombre à deux octets en pseudo-format à virgule flottante. Chaque nombre à 16 bits contient l'exposant (5 bits) et la mantisse (11 bits) de la valeur métrique. A noter qu'un bit de signe n'est pas nécessaire puisque les valeurs métriques sont non négatives. En particulier, la valeur en virgule flottante V de la mesure est donnée par la formule suivante (qui est la même que celle du § E.1.1.1/T.800 pour la détermination de la dimension de l'étape de quantification):

$$V = 2^{\varepsilon-15} \left(1 + \frac{\mu}{2^{11}} \right) \quad \text{if } \varepsilon \neq 0$$

$$V = 0 \quad \text{if } \varepsilon = 0$$

où ε est l'entier non signé obtenu à partir des cinq premiers bits de plus fort poids du paramètre et μ l'entier non signé obtenu à partir des 11 bits restants. Le cas spécial $V = \infty$ correspond à $\mu = 0$ et à $\varepsilon = 31$. A noter que les valeurs pour lesquelles la représentation aurait un dépassement de capacité négatif sont mises sur zéro.

L'algorithme permettant de calculer s , ε et μ n'est pas défini comme étant obligatoire dans la présente Recommandation | Norme internationale. Une technique possible suit les étapes suivantes (un exemple de conversion du nombre 12,25 est donné). Si $V=0$, imposer $\varepsilon = \mu = 0$. Sinon:

- convertir V en un nombre binaire ($12,25_{10} = 1100,01_2$);
- normaliser le nombre; cela veut dire qu'un chiffre 1 doit figurer à gauche de la virgule binaire et qu'il faut multiplier par une puissance appropriée de deux pour représenter la valeur initiale. La forme normalisée de 1100,01 est $1,10001 \times 2^3$;
- l'exposant est la puissance de 2, présentée en notation excédentaire. Le décalage de l'exposant est 15; donc dans cet exemple l'exposant est représenté comme étant 18_{10} (10010_2);
- la mantisse représente les bits significatifs, à l'exception du bit à gauche de la virgule flottante, qui est toujours un et ne doit donc pas être enregistré; des zéros sont éventuellement ajoutés à la fin de manière à obtenir 11 bits. Dans cet exemple, la mantisse est 10001000000.

Le format à un octet est défini comme suit. Il est exactement le même que le format à un octet pour le champ de distorsion totale dans la norme JPSEC. La valeur métrique est exprimée à l'aide d'un champ de distorsion à un octet au moyen d'une pseudo-représentation de type virgule flottante. Les 8 bits disponibles dans le champ de distorsion sont attribués à la mantisse (m) et à l'exposant en base 16 (exp) de la valeur métrique afin d'arriver à un équilibre approprié

entre la précision et la plage dynamique. A noter que, comme dans le format à deux octets, un bit de signe n'est pas nécessaire puisque les valeurs métriques sont non négatives. Pour couvrir une plage dynamique suffisante, on emploie la base 16 et 4 bits sont utilisés pour l'exposant (exp). La mantisse (m) est exprimée au moyen de 4 bits. La valeur métrique V est donc donnée par la formule suivante:

$$V = m \times 16^{\text{exp}}$$

où m a une valeur située dans l'intervalle $0 \leq m \leq 15$ et exp a une valeur située dans l'intervalle $0 \leq \text{exp} \leq 15$. Une valeur zéro est représentée par $m = 0$ et $\text{exp} = 0$, c'est-à-dire par le champ métrique nul. En attribuant 4 bits à la mantisse m, la précision est d'au moins $\frac{1}{2} \times (1/2^4) = 1/32$ ou environ 3%. Avec 4 bits pour l'exposant et en employant la base 16, la plage dynamique est comprise entre 0 et max, où max est défini par $m = 15$ et $\text{exp} = 15$, ce qui correspond à une valeur métrique de $15 \times 16^{15} = 1,7 \times 10^{19}$.

A noter qu'avec ce format pour la valeur métrique, une comparaison entre deux valeurs métriques pour déterminer celle qui est plus grande peut simplement être faite en comparant les deux valeurs comme des caractères sans signe. En particulier, afin de faire cette comparaison, il n'est pas nécessaire de convertir le pseudo-format à virgule flottante en la valeur effective pour déterminer parmi les deux valeurs celle qui est plus grande ou plus petite. Cette propriété peut simplifier le traitement dans de nombreuses applications.

D.4.2 Champ de données du marqueur descripteur de la sensibilité aux erreurs

S'agissant de la définition du champ de données du marqueur descripteur ESD, on considère trois cas, selon la méthode d'adressage de flux codé utilisée.

Dans le *mode paquet*, une valeur de la sensibilité est fournie pour chacun des paquets dans le flux codé ou dans le pavé élémentaire, selon que le segment marqueur ESD est contenu dans l'en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire; le champ de données du segment marqueur ESD contient la concaténation des valeurs de la sensibilité (relative ou absolue) pour chacun des paquets. Si le segment marqueur ESD est situé dans l'en-tête principal, on suppose que ces valeurs apparaissent dans l'ordre spécifié par la numérotation des paquets du marqueur de début de paquet (SOP, *start of packet marker*) (voir Annexe A.8.1 de la norme JPEG 2000 – partie 1); s'il est situé dans un en-tête de pavé élémentaire, le champ de données du segment marqueur ESD contient une concaténation des valeurs de la sensibilité pour tous les paquets contenus dans ce pavé élémentaire. A noter que le paramètre Lesd peut être employé pour calculer d'avance le nombre de valeurs de la sensibilité contenues dans le champ de données du segment marqueur ESD.

Dans le *mode gamme d'octets*, le champ de données du segment marqueur ESD est encore une concaténation des enregistrements. La longueur de chaque enregistrement de données dépend de la question de savoir si deux ou quatre octets sont employés pour la description de la sensibilité. Ces paramètres peuvent être déduits du paramètre Pesd. Chaque enregistrement contient, dans l'ordre suivant, l'octet de début de l'unité de données, l'octet de fin de l'unité de données et la valeur de la sensibilité (absolue ou relative) pour l'unité de données. Les octets de début et de fin se réfèrent au début du flux codé ou d'un pavé élémentaire, selon que le segment marqueur ESD est situé dans l'en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire. A noter que le paramètre Lesd peut être utilisé pour calculer d'avance le nombre d'enregistrements contenus dans le segment marqueur ESD.

Dans le *mode gamme de paquets*, le champ de données est toujours une concaténation des enregistrements. Chaque enregistrement a exactement la même structure que dans le *mode gamme d'octets*, sauf en ce qui concerne le fait que des paquets de début et de fin sont employés au lieu des octets de début et de fin pour définir chaque unité de données. Les paquets de début et de fin sont calculés à partir du début du flux codé ou d'un pavé élémentaire, selon que le segment marqueur ESD est situé dans l'en-tête principal ou dans celui d'un pavé élémentaire.

D.5 Exemples et lignes directrices

Dans les paragraphes suivants deux exemples d'utilisation possible du segment marqueur ESD seront donnés. Le premier exemple concerne la sensibilité relative, tandis que le deuxième exemple se rapporte à la sensibilité absolue.

D.5.1 Exemple 1 – Sensibilité relative pour le mode paquet

Soit la transmission d'une image à niveaux de gris à 0,5 bit par pixel (bpp) dans le mode non réversible. Un codeur JPEG 2000 – partie 1 est employé pour produire un flux codé adapté à la transmission sur un canal hertzien; la norme JPWL est utilisée pour ajouter à ce flux codé des informations relatives à la sensibilité aux erreurs, et en particulier, un segment marqueur ESD, de manière à optimiser la performance du décodeur. Un codeur JPEG 2000 – partie 1 peut utiliser un arrêt du codage arithmétique, avec un marqueur SOP et un marqueur d'en-tête de fin de paquet (EPH, *end of packet header marker*), comme outils de résistance aux erreurs. Un segment marqueur PPM est employé pour incorporer tous les en-têtes de paquet dans l'en-tête principal, de manière que toutes les informations sur les en-têtes soient regroupées au début du flux codé et puissent être protégées plus facilement. Un segment marqueur PLM dans

l'en-tête principal serait aussi utile afin que soient résumées les longueurs de tous les paquets dans le flux codé; toutefois, pour plus de simplicité, il n'est pas utilisé dans cet exemple. Le mode progressif en couches est employé pour la capacité d'évolution, les couches étant à 0,25 et 0,5 bpp (c'est-à-dire le débit binaire visé). Le flux codé résultant comporte 12 paquets. Au cours de l'attribution du débit, le codeur recueille les informations relatives à la distorsion du débit. A noter que les mesures de la qualité dans le segment marqueur ESD sont exprimées en unités linéaires et non en dB (la valeur en dB étant 10 fois le logarithme en base 10 de la valeur linéaire, qui est définie dans la présente annexe). Supposons par exemple que le décodage à 0,25 bpp fournirait un rapport PSNR = 2355 (33.72 dB), tandis qu'un décodage à 0,5 bpp donnerait un rapport PSNR = 5152 (37.12 dB). En termes de paquets JPEG 2000 – partie 1, les données fournies par l'algorithme d'attribution du débit sont indiquées dans le Tableau D.1. Dans ce tableau, la colonne intitulée "PSNR" donne le rapport PSNR obtenu en décodant l'image jusqu'à un certain paquet; la colonne intitulée " Δ -PSNR" contient une évaluation de la contribution relative de chaque paquet, calculée comme le rapport entre le rapport PSNR obtenu en décodant jusqu'au paquet du moment et celui obtenu en décodant jusqu'au paquet précédent (ce rapport est équivalent à la différence entre les valeurs exprimées en dB). Une sensibilité relative aux erreurs peut simplement être définie en étiquetant avec $S=0xFE$ le paquet ayant une contribution plus élevée au rapport PSNR, et ensuite avec des valeurs décroissantes de S les paquets de Δ -PSNR décroissant, jusqu'à la première couche à 0,25 bpp. Pour tous les paquets dans la deuxième couche la sensibilité est la même et est égale à $S=0xF8$.

Tableau D.1 – Calcul de la sensibilité aux erreurs

Numéro de paquet	Débit (bpp)	PSNR (linéaire)	PSNR (dB)	Δ -PSNR	S
1	0,024	28,1	14,48	28,1	0xFE
2	0,04	154,2	21,88	5,50	0xFD
3	0,077	304,8	24,84	1,98	0xFA
4	0,142	851,1	29,30	2,79	0xFC
5	0,227	2037,0	33,09	2,39	0xFB
6	0,253	2355,0	33,72	1,16	0xF9
7	0,254	2471,7	33,93	1,05	0xF8
8	0,257	2483,1	33,95	1,00	0xF8
9	0,269	2546,8	34,06	1,03	0xF8
10	0,312	2844,5	34,54	1,12	0xF8
11	0,397	3572,7	35,53	1,26	0xF8
12	0,5	5152,3	37,12	1,44	0xF8

Pour conclure, nous écrivons un segment marqueur ESD en employant une sensibilité relative aux erreurs (un octet par valeur) telle qu'elle est calculée ci-dessus pour cet exemple de flux codé, et le mode paquet en tant que mode d'indexation pour le flux codé; la mesure est spécifiée pour la seule composante d'image. La représentation hexadécimale résultante du segment marqueur ESD est la suivante (les paramètres sont séparés par des barres droites "|", et les enregistrements par des blancs):

FF68 | 0010 | 01 | 00 | FE FD FA FC FB F9 F8 F8 F8 F8 F8 F8

D.5.2 Exemple 2 – Sensibilité absolue avec le mode gamme d'octets

Dans ce second exemple, nous utilisons le mode gamme d'octets (deux octets par octet de début et de fin) et une sensibilité absolue dans le format à deux octets. En particulier, l'augmentation du rapport PSNR est choisie comme mesure de l'erreur. Nous rappelons que nous avons dans l'exemple précédent à des débits de 0,25 et 0,5 bpp un rapport PSNR égal à 2355 et 5152 respectivement (à noter que les débits de 0,25 et 0,5 bpp concernent un flux codé *ne comportant pas* le segment marqueur ESD). En outre, l'analyse du flux codé révèle que les 554 premiers octets contiennent l'en-tête principal et les en-têtes de pavé élémentaire. Il est alors décidé de décrire trois unités de données, à savoir les en-têtes, la première et la seconde moitié du flux codé. Plus précisément, les unités de données s'étendent de l'octet 1 à l'octet 554 avec $S=0$, de l'octet 555 à l'octet 8224 avec $S=2355$, et de l'octet 8225 à l'octet 16288 avec $S=2797$ ($=5152-2355$). Les valeurs de la sensibilité sont définies comme des valeurs moyennes pour toutes les composantes; puisqu'il n'y a qu'une composante, ceci revient à dire que ces valeurs se rapportent à la composante 1. Le segment marqueur résultant, à l'aide de la pseudo-notation en virgule flottante, est le suivant:

FF68 | 0016 | 00 | 65 | 0001 022A 0000 022B 2020 D133 2021 3FA0 D2ED

Annexe E

Marqueur descripteur d'erreurs résiduelles

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

E.1 Introduction

Le segment marqueur RED signale la présence d'erreurs résiduelles qui peuvent encore affecter le flux codé après un traitement du décodeur JPWL. Ces informations sur la présence et le type (effacement ou basculement) d'erreurs peuvent être exploitées par un décodeur JPEG 2000 "conscient de la norme JPWL" pour améliorer les capacités de décodage ou appliquer certaines techniques comme les suivantes:

- retransmissions sélectives;
- dissimulation des erreurs;
- rejet des informations endommagées, non visuellement pertinentes.

E.2 Signalisation d'erreurs résiduelles

Le segment marqueur RED peut fonctionner dans trois modes différents, à savoir le mode gamme d'octets, le mode paquet et le mode gamme de paquets.

Mode gamme d'octets:

- dans le *mode gamme d'octets*, chaque unité de données est décrite en spécifiant explicitement son octet de début et son octet de fin dans le flux codé; la valeur d'erreurs résiduelles se rapporte à cette gamme précise d'octets. Les octets de début et de fin sont spécifiés sous la forme de deux ou quatre entiers sans signe; cela permet de prendre en compte des flux codés "normaux" et "longs". La numérotation des octets dans le flux codé commence par zéro. Si le segment marqueur RED est situé dans l'en-tête principal, la numérotation des octets se réfère au début du flux codé (segment marqueur SOC compris). Si le segment marqueur RED est situé dans un en-tête de pavé élémentaire, la numérotation des octets se réfère au début de ce pavé élémentaire (segment marqueur SOT compris). Si l'on adopte un décodeur Reed-Solomon, la longueur habituelle de chaque bloc de données est l'un des mots de code Reed-Solomon choisis;
- les deux octets suivants contiennent le nombre (s'il est disponible) d'erreurs dans le bloc de données (0x0000 – 0xFFFFE) ou une indication générique de la présence d'erreurs (0xFFFF) dans le cas où le nombre exact d'erreurs ne serait pas disponible.

Mode paquet:

- dans le *mode paquet*, les unités de données sont des paquets tels qu'ils sont définis dans la norme JPEG 2000 – partie 1. Une valeur d'erreurs résiduelles est spécifiée pour chacun des paquets dans le flux codé ou dans le pavé élémentaire, selon que le segment marqueur RED est contenu dans l'en-tête principal ou dans un en-tête de pavé élémentaire. Les deux octets suivants contiennent:
 - le nombre (s'il est disponible) d'erreurs dans le bloc de données (0x0000 – 0xFFFFD);
 - l'indication de l'effacement d'un paquet (0xFFFFE);
 - une indication générique de la présence d'erreurs (0xFFFF) dans le cas où le nombre exact d'erreurs ne serait pas disponible.

Mode gamme de paquets:

- dans le *mode gamme de paquets*, une gamme de paquets JPEG 2000, définie par un paquet de début et un paquet de fin, identifie une unité de données pour laquelle la valeur d'erreurs résiduelles fournie. Les paquets de début et de fin sont spécifiés sous la forme d'entiers non signés à deux ou quatre octets;
- les deux octets suivants contiennent le nombre (s'il est disponible) d'erreurs dans le bloc de données (0x0000 – 0xFFFFE) ou une indication générique de la présence d'erreurs (0xFFFF) dans le cas où le nombre exact d'erreurs ne serait pas disponible.

E.3 Exemples

Ci-après nous donnons deux exemples d'utilisation possible du segment marqueur RED. Le premier exemple concerne le mode paquet avec erreurs éparses, tandis que le deuxième exemple se rapporte aux effacements en mode paquet.

E.3.1 Exemple 1 – Marqueur descripteur d'erreurs résiduelles en mode paquet avec erreurs éparses

Soit la transmission d'une image à niveaux de gris à 0,5 bit par pixel (bpp) dans le mode non réversible. Un codeur JPEG 2000 – partie 1 est employé pour produire un flux codé adapté à la transmission sur un canal hertzien; la norme JPWL est utilisée pour ajouter à ce flux codé des informations relatives à la sensibilité aux erreurs, et en particulier, un segment marqueur ESD, de manière à optimiser la performance du décodeur. Un codeur JPEG 2000 – partie 1 peut utiliser un arrêt du codage arithmétique, avec un marqueur SOP et un marqueur EPH, comme outils de résistance aux erreurs. Un segment marqueur PPM est employé pour incorporer tous les en-têtes de paquet dans l'en-tête principal, de manière que toutes les informations sur les en-têtes soient regroupées au début du flux codé et puissent être protégées plus facilement.

Supposons que le segment marqueur EPB sert à protéger tant les en-têtes que les données, que les codes Reed-Solomon sont adoptés, que la protection UEP, où il est tenu compte des informations du segment marqueur ESD, est éventuellement adoptée. En mode paquet, il peut être bien d'attribuer au segment marqueur EPB une longueur égale à la longueur du paquet. Cela simplifie la resynchronisation en cas de perte de paquet entier.

Du côté récepteur après le décodeur JPWL, il se peut qu'un ou plusieurs des paquets moins protégés contiennent encore des erreurs, parce que celles-ci dépassent les capacités de protection contre les erreurs du code Reed-Solomon choisi dans un segment marqueur EPB.

Si le codeur ne s'en est pas chargé, le décodeur JPWL créera éventuellement un marqueur RED pour signaler la présence d'erreurs résiduelles. En supposant, à titre d'exemple, que les paquets 7 et 8 contiennent encore des erreurs, la représentation résultante du segment marqueur RED est la suivante (les paramètres sont séparés par des barres droites "|", et les enregistrements par des blancs):

```
FF69h | 001Ch | 00010X01b | 00h 00h 00h 00h 00h 00h FFh FFh 00h 00h 00h 00h
```

```
RED | Lred | Pred | RED data
```

E.3.2 Exemple 2 – Marqueur descripteur d'erreurs résiduelles en mode paquet avec perte de paquets

Considérons le même scénario que celui du premier exemple, c'est-à-dire la même image et la même protection. Dans le cas présent, un modèle de perte de paquets est adopté pour la génération d'erreurs, par exemple dans les connexions UDP. Supposons que dans ce cas un paquet UDP contenant les paquets JPEG 2000 7 et 8 soit entièrement perdu.

Si le segment marqueur RED n'existe pas déjà, le décodeur JPWL le créera éventuellement pour signaler cette situation; la représentation résultante du segment marqueur RED est la suivante (les paramètres sont séparés par des barres droites "|", et les enregistrements par des blancs):

```
FF69h | 001Ch | 00010X01b | 00h 00h 00h 00h 00h 00h FEh FEh 00h 00h 00h 00h
```

```
RED | Lred | Pred | RED data
```

Il convient de noter que lorsque des effacements se produisent, le décodeur doit mettre à jour les paramètres de longueurs présents dans les segments marqueurs ou remplir les intervalles avec des données factices de bourrage.

Annexe F

Directives de codage des flux codés JPEG 2000 dans le cadre des environnements sujets à erreurs

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

F.1 Introduction

La présente annexe, donnée à titre informatif seulement, fournit quelques directives quant à l'utilisation des outils JPEG 2000 – partie 1 et JPWL dans un environnement sujet à erreurs. Dans la norme JPEG 2000 – partie 1 est défini un ensemble d'outils de résistance aux erreurs qui peuvent être employés pour coder une image dans un environnement sujet à erreurs. Ces outils sont classés par catégorie dans le Tableau F.1. Dans la norme JPWL est défini un ensemble d'outils supplémentaires de protection contre les erreurs, qui sont capables de renforcer la résistance du flux codé aux erreurs de transmission et d'aider le décodeur à gérer les erreurs résiduelles.

F.2 Outils JPEG 2000 – partie 1 de résistance aux erreurs

Tableau F.1 – Outils JPEG 2000 – partie 1 de résistance aux erreurs

Type d'outil	Nom
Niveau codage entropique	Blocs codés Arrêt du codeur arithmétique à chaque passe Arrêt prévisible Symboles de segmentation
Niveau paquet	Format de paquet court (en-têtes de paquet compacts) Paquet avec marqueur de synchronisation (SOP) District

Puisque les erreurs dans les canaux (ou les pertes de paquets) peuvent présenter des configurations différentes, il n'est en général pas possible de savoir d'avance quelle combinaison d'outils de résistance aux erreurs donnera les meilleurs résultats. Toutefois, des études approfondies ont été menées dans le cadre des canaux sujets à erreurs, où quelques scénarios réalistes d'applications ont été examinés, tels que les réseaux 3rd Generation Partnership Project (3GPP) et Digital Radio Mondiale (DRM) et les réseaux locaux hertziens conformes à la norme IEEE 802.11. Ces études ont permis de déduire quelques directives d'ordre général.

En ce qui concerne les outils de résistance aux erreurs définis dans la norme JPEG 2000 – partie 1, les observations suivantes sont de mise.

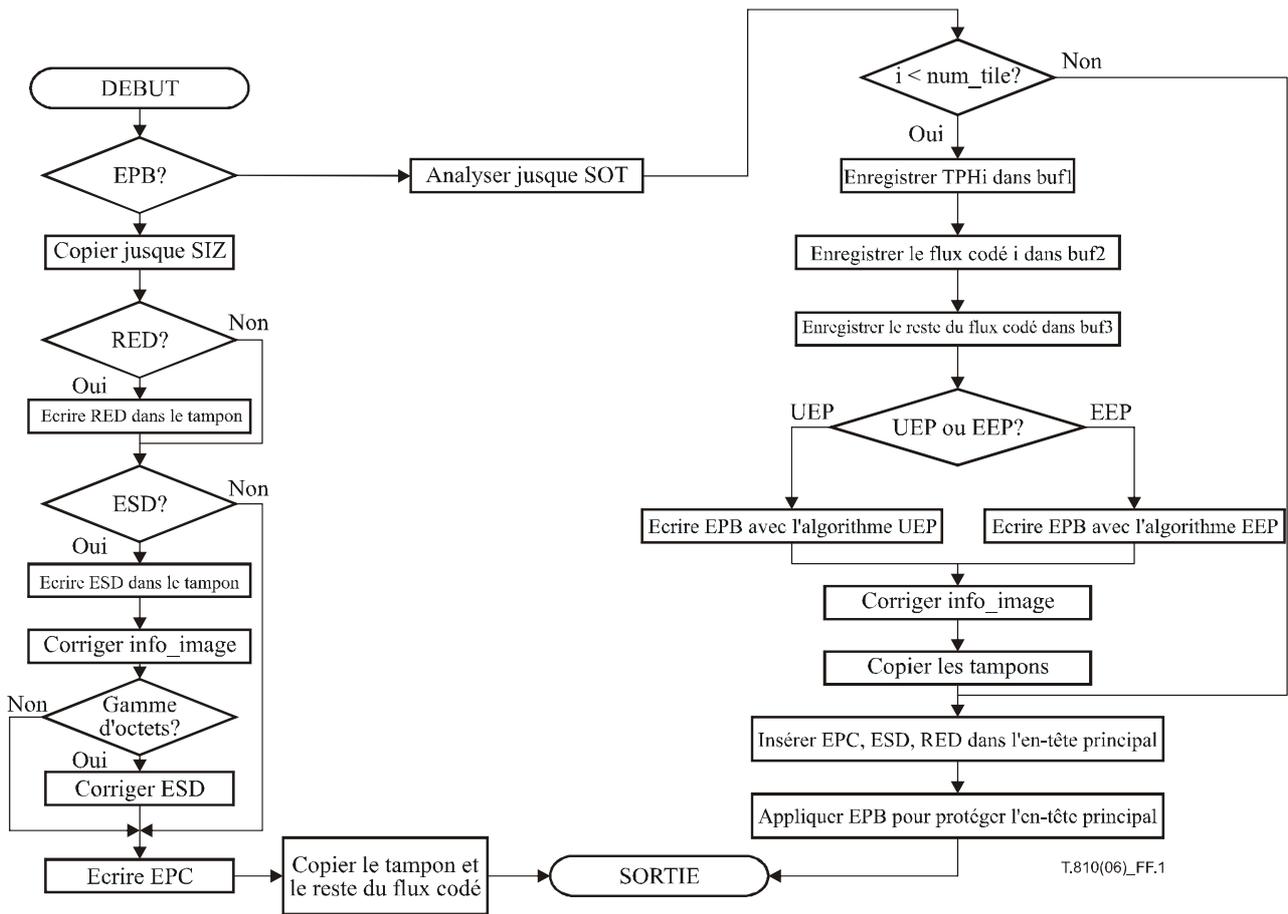
En général, on peut vouloir attribuer un haut niveau de protection à l'en-tête principal et aux en-têtes de pavé élémentaire, parce que ces en-têtes sont nécessaires pour effectuer correctement le décodage. Dans le cas d'un environnement sujet à erreurs, les en-têtes de paquet sont aussi très utiles, parce qu'ils permettent au décodeur d'ignorer les passes endommagées de codage, de resynchroniser et de poursuivre le décodage. Il est très facile de protéger les en-têtes de paquet en même temps que l'en-tête principal et/ou les en-têtes de pavé élémentaire lorsque l'option des en-têtes de paquet compacts est employée.

L'arrêt du codeur arithmétique permet la détection des erreurs de transmission. Si le contexte est réinitialisé à chaque passe de codage, le décodeur peut détecter une erreur, rejeter les passes de codage affectées par les erreurs et poursuivre le décodage. Cela permet de limiter fortement la portée des erreurs de transmission et n'accroît pas trop la charge du codage. Puisque la passe de codage est l'unité de données de base qui peut être rejetée, les passes de codage dans un environnement sujet à erreurs devraient être "aussi petites que possible" sans pour autant réduire l'efficacité du codage. Cela implique que l'emploi de blocs codés, plus petits que dans le cas d'un environnement sans erreurs, permettra généralement d'améliorer la performance.

F.3 Directives JPEG 2000 d'implémentation du codeur

Le présent paragraphe présente quelques directives relatives à l'implémentation d'un codeur conforme à la norme JPWL. La procédure est illustrée graphiquement dans la Figure F.1. Les actions suivantes doivent en particulier être exécutées:

- acquisition des paramètres JPWL;
- codage JPEG 2000 – partie 1;
- introduction des marqueurs JPWL souhaités. En particulier:
 - marqueur EPC
 - écriture du marqueur (0xFF68), enregistrement de la position et saut de huit octets;
 - lecture des paramètres JPWL et écriture du paramètre *Pepc*;
 - si la protection EPB est employée, écriture du paramètre *Pepbs*;
 - saut vers l'arrière après le marqueur;
 - calcul de la longueur du segment marqueur et du flux codé;
 - calcul et écriture du contrôle CRC 16-CCITT;
 - Section EPB
 - écriture du marqueur (0xFF66);
 - détermination des paramètres de type EPB et de protection pour la première partie des données EPB;
 - écriture des paramètres *LDPepb*, *Depb*, *Pepb*;
 - calcul de la longueur du segment marqueur;
 - enregistrement de la première partie des données à protéger et calcul du code $RS(n1,k1)$;
 - calcul du contrôle CRC, s'il est requis, pour des données enregistrées dans un tampon;
 - calcul du code $RS(n2,k2)$, s'il est requis, pour des données enregistrées dans un tampon;
 - Section ESD
 - écriture du marqueur (0xFF67) et des paramètres *Cesd* et *Pesd*;
 - calcul des grandeurs Δ -MSE, PSNR et Δ -PSNR à partir de la valeur de la distorsion de chacun des paquets;
 - détermination de la mesure à utiliser;
 - détermination du mode de représentation de données (modes paquet, gamme d'octets ou gamme de paquets);
 - calcul des valeurs de la sensibilité aux erreurs pour la mesure choisie et le mode de représentation de données choisi;
 - calcul de la longueur du segment marqueur;
- mise à jour des structures de sélection (champ *Psot*, données ESD en mode gamme d'octets, etc.).



T.810(06)_FF.1

Figure F.1 – Directives relatives à la procédure de codage JPWL

Annexe G

Traitement recommandé des erreurs par le décodeur

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

G.1 Introduction

Si des outils JPEG 2000 – partie 1 de résistance aux erreurs sont présents dans un flux codé, le décodeur doit les employer comme il convient. La présente section est informative et vise à recommander un comportement pour les décodeurs JPEG 2000 – partie 1 ainsi que pour les décodeurs JPWL en présence d'erreurs.

G.2 Comportement recommandé pour le décodeur JPEG 2000 – partie 1**G.2.1 Troncature du flux codé selon l'ISO/CEI 15444-1**

Dans les cas où la fin du flux codé n'est pas disponible en raison d'erreurs de transmission ou de pertes, le décodeur doit décoder autant d'informations que possible, comme spécifié au § A.4.4/JPEG 2000 – partie 1.

De même, si un paquet est perdu au milieu du flux codé, les informations dans les paquets suivants peuvent ne pas être utilisables. Néanmoins, le décodeur doit décoder le flux codé au moins jusqu'au paquet perdu. En fait, tous les blocs codés qui ont déjà été incorporés dans un précédent paquet peuvent être désynchronisés. Aucune autre information ne doit donc être ajoutée à ces blocs codés. Les données des blocs codés qui n'ont pas encore été incorporées dans un paquet précédent peuvent être récupérées comme il convient si l'arborescence des étiquettes est correctement détectée.

G.2.2 Segmentation du flux codé selon l'ISO/CEI 15444-1

Le flux codé est segmenté en en-tête principal, en-tête de pavé élémentaire, en-têtes de paquet et données à codage entropique.

Dans la norme JPEG 2000 – partie 1, il n'est pas prévu d'outils spécifiques pour détecter ou corriger les erreurs dans l'en-tête principal. Un décodeur JPEG 2000 – partie 1 type se bloquera éventuellement en présence d'erreurs dans l'en-tête principal. Aucun comportement ne peut être défini. Le lecteur intéressé à la protection de l'en-tête principal se reportera à la norme JPEG 2000 – partie 11.

Dans la norme JPEG 2000 – partie 1, il n'est pas prévu non plus de protéger les en-têtes de pavé élémentaire. Toutefois, s'il peut être affirmé qu'un en-tête de pavé élémentaire donné est erroné (un marqueur de début de données (SOD, *start of data marker*) est, par exemple, non détecté correctement en raison d'une incohérence dans l'en-tête), le décodeur peut passer à l'en-tête de pavé élémentaire suivant en balayant le flux codé à la recherche d'un marqueur SOT.

Dans la norme JPEG 2000 – partie 1, il n'est finalement pas prévu non plus de protéger les contenus des en-têtes de paquet. Toutefois, il existe des outils consacrés à la prévention de la désynchronisation du flux codé. Si les marqueurs SOP et EPH et/ou PLM/PLT sont présents, le décodeur peut vérifier la concordance avec le processus de décodage. Au cours du décodage d'un en-tête de paquet, si le marqueur EPH n'est pas détecté à l'emplacement prévu ou si la longueur du paquet observée ne concorde pas avec celle qui est indiquée par les marqueurs PLM/PLT, le paquet peut être considéré comme étant erroné et peut être abandonné. Le marqueur SOP et/ou les marqueurs PLM/PLT sont alors employés pour effectuer la resynchronisation avec le paquet suivant. Dans tous les cas, le décodeur doit décoder autant d'informations que possible.

G.2.3 Utilisation des options de codage entropique selon l'ISO/CEI 15444-1

Lorsque le flux codé a été convenablement segmenté, un certain nombre d'options permettent une meilleure résistance aux erreurs pour les données à codage entropique.

En particulier, la terminaison prévisible, associée à la terminaison à chaque passe de codage, et les symboles de segmentation peuvent être employés pour détecter et localiser les erreurs.

En cas de détection d'une erreur par le mécanisme de terminaison prévisible, le décodeur doit:

- si ni la terminaison à chaque passe de codage ni les symboles de segmentation ne sont employés, abandonner le bloc dans son ensemble;
- si la terminaison à chaque passe de codage est employée, décoder jusqu'à la dernière terminaison correctement décodée, c'est-à-dire jusqu'à la passe avant celle où l'erreur a été détectée;
- si les symboles de segmentation sont employés, décoder jusqu'au dernier symbole de segmentation correctement décodé, c'est-à-dire passer le dernier plan binaire du bloc;

- si tant la terminaison à chaque passe de codage que les symboles de segmentation sont employés, décoder jusqu'à la dernière terminaison correctement décodée.

En cas de détection d'une erreur par le mécanisme des symboles de segmentation, le décodeur doit:

- si ni la terminaison prévisible ni la terminaison à chaque passe de codage ne sont employées, ou si seule la terminaison prévisible ou la terminaison à chaque passe de codage est employée, décoder jusqu'au dernier symbole de segmentation correctement décodé, c'est-à-dire jusqu'au plan binaire du bloc avant celui pour lequel l'erreur a été détectée;
- si tant la terminaison prévisible que la terminaison à chaque passe de codage sont employées, décoder jusqu'à la dernière terminaison correctement décodée. c'est-à-dire jusqu'à la passe avant celle pour laquelle l'erreur a été détectée.

Du côté codeur, il est évidemment recommandé de combiner les options de terminaison prévisible et de terminaison à chaque passe. Comme spécifié dans la norme JPEG 2000 – partie 1, les symboles de segmentation et les options de terminaison prévisible/terminaison à chaque passe de codage peuvent être employées séparément ou ensemble.

D'autres options de résistance aux erreurs (réinitialisation du contexte et contournement) sont destinées à limiter la désynchronisation du décodeur entropique en cas d'erreurs. Aucun comportement particulier n'est défini dans la présente annexe.

G.3 Directives d'implémentation du décodeur JPWL

Le présent paragraphe présente quelques directives d'implémentation d'un décodeur conforme à la norme JPWL. La procédure est illustrée graphiquement dans la Figure G.1. Les actions fondamentales suivantes doivent en particulier être exécutées:

- synchronisation avec le segment marqueur EPC;
- lecture du marqueur EPC:
 - lecture des paramètres Lepc, Pcrc, CL;
 - lecture du paramètre Pepc et utilisation pour le marquage des outils JPWL;
 - enregistrement des structures ID et création d'une suite de champs Pepb, utiles pour le décodage EPB;
 - vérification du contrôle CRC et marquage de la présence d'erreurs à destination de la fonction appelante;
- lecture du marqueur EPB:
 - correction des paramètres EPB (codage RS);
 - lecture des paramètres Lepb, Depb, LDPepb, Pepb et comparaison de ceux-ci avec les paramètres Pepb enregistrés dans le marqueur EPC;
 - détermination du mode compact/non compact:
 - correction des données suivantes au moyen du décodage RS;
 - marquage des données erronées au moyen du décodage CRC;
 - enregistrement des emplacements des erreurs résiduelles;
- écriture du marqueur RED:
 - déplacement vers la fin de l'en-tête principal et enregistrement du flux codé jusqu'au marqueur EOC;
 - écriture des paramètres RED et des données RED:
 - copie de la structure générée au cours du décodage des paramètres EPB;
 - corrections des emplacements au moyen du décalage produit par l'adjonction de marqueur RED dans le flux codé;
 - écriture du reste du flux codé;

- lecture du marqueur ESD:
 - déplacement vers le marqueur SOC et début de l'analyse du flux codé;
 - pour chaque marqueur ESD rencontré:
 - en mode gamme d'octets, correction des emplacements des niveaux de sensibilité au moyen du paramètre Lred;
 - écriture des paramètres ESD et des données ESD;
 - création, en option, du fichier "esdmap".

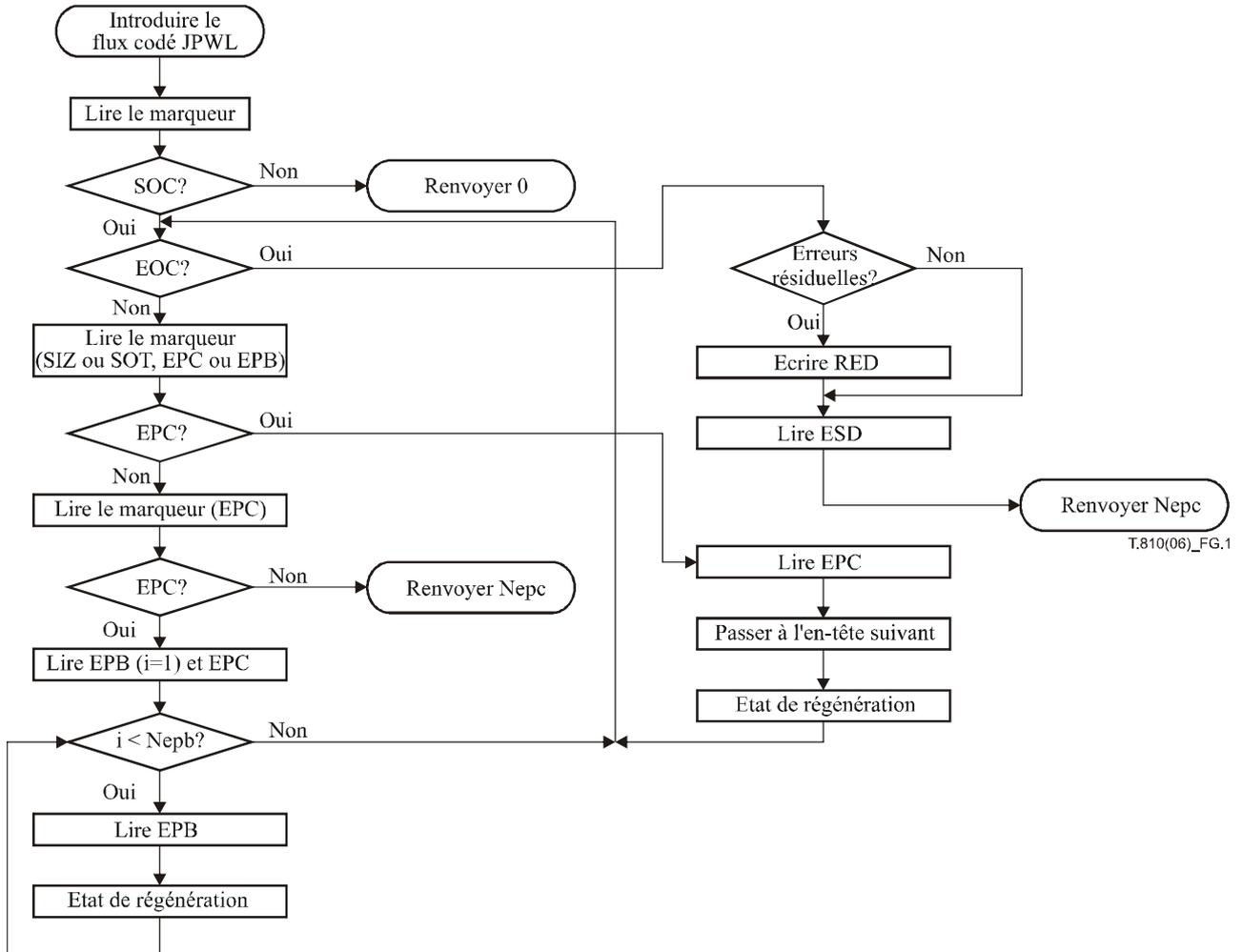


Figure G.1 – Directives relatives à la procédure de décodage JPWL

Annexe H

Codage entropique résistant aux erreurs

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

La présente annexe décrit un outil de résistance aux erreurs JPEG 2000 – partie 11 au niveau du codage entropique. A noter que toutes les techniques décrites ici emploient la terminologie et les hypothèses introduites à l'Annexe C de la norme JPEG 2000 – partie 1 sur le codage entropique arithmétique. La présente annexe est seulement informative.

H.1 Introduction

Le codage entropique et spécialement les codes arithmétiques sont particulièrement sensibles aux erreurs sur les bits. En effet, en raison de la mémoire propre à cette technique, le basculement d'un seul bit peut entraîner la désynchronisation du décodeur. Tous les symboles restants peuvent en conséquence être erronés. En outre, dans le cas du codage entropique JPEG 2000 – partie 1, les symboles erronés peuvent causer un comportement imprévisible dans les passes de codage, par exemple la génération d'un contexte et la modélisation de coefficients erronées, endommageant sérieusement la qualité de l'image décodée. En raison de cela, même les données brutes codées utilisant l'option du codage entropique de contournement JPEG 2000 – partie 1 sont concernées par cette propagation d'erreurs.

Dans la norme JPEG 2000 – partie 1, certains outils de résistance aux erreurs ont été conçus pour gérer la sensibilité intrinsèque aux erreurs du codeur entropique. Ces techniques sont fondées sur les marqueurs de terminaison, de segmentation et de resynchronisation du codeur, qui permettent au décodeur JPEG 2000 d'implémenter des stratégies de détection des erreurs; en conséquence, le décodeur type est en mesure de passer les sections erronées du flux codé de manière à éviter la propagation des bits erronés au niveau de l'image. Cette approche peut être considérée comme une technique de dissimulation, qui permet généralement de gérer la voie de transmission avec des taux modérés d'erreurs sur les bits. En présence de conditions de transmission très rudes, telles que celles de l'environnement hertzien, l'emploi de techniques puissantes de correction d'erreurs s'avère essentiel.

Dans la présente annexe, un codeur entropique arithmétique modifié est défini, ayant des propriétés étendues, notamment des marqueurs de resynchronisation souple et un symbole interdit [9][10], qui permettent d'implémenter des stratégies de correction d'erreurs au niveau du bloc codé, améliorant ainsi grandement la qualité des images reçues par rapport à l'approche type de dissimulation.

H.2 Syntaxe

Le marqueur EPC (capacité de protection contre les erreurs) sert à spécifier les paramètres de codage définis dans le Tableau A.1. Un identificateur ID=2 est attribué à la technique du codage arithmétique résistant aux erreurs.

Le paramètre associé P_{ID} dans le champ du marqueur EPC comporte un nombre variable de mots à 16 bits qui représentent les paramètres de codage entropique, associés à chaque bloc codé (voir Tableau A.2). L'ordre des blocs codés est celui qui est spécifié à l'Annexe B/JPEG 2000 – partie 1. Le premier octet du paramètre P_{ID} est le paramètre du symbole interdit (FSP, *forbidden symbol parameter*), tandis que le deuxième est le paramètre de synchronisation souple (SSP, *soft synchronization parameter*). Il n'est pas exigé de spécifier le paramètre P_{ID} pour tous les blocs codés. La dernière paire (FSP, SSP) s'applique à tous les blocs codés restants. A titre d'exemple, une paire unique peut spécifier les paramètres pour tout le flux codé.

Tableau H.1 – Champs du segment marqueur EPC pour le codage entropique résistant aux erreurs

Champ du marqueur EPC	Dimension en bits	Contenu
ID	16	0000 0000 0000 0010
L _{ID}	16	Longueur du paramètre PID suivant
P _{ID}	Variable	Concaténation des paires de paramètres (FSP, SSP)

Tableau H.2 – Paramètres P_{ID} pour le codage entropique résistant aux erreurs

Paramètres du codage arithmétique résistant aux erreurs	Dimension en bits	Contenu
FSP	8	0000 0000 – 1111 1010
SSP	8	xxxx xabc

H.3 Codage binaire avec symbole interdit

Le codage binaire avec symbole interdit est fondé sur le codage entropique arithmétique avec des symboles interdits (codage MQF) par le codeur entropique JPEG 2000 – partie 1.

H.3.1 Subdivision pour le codage MQF des intervalles de probabilité

L'intervalle de probabilité est subdivisé en trois zones comme indiqué dans le Tableau H.3. Le premier intervalle correspond au symbole interdit, qui n'est jamais codé et sert d'outil de détection des erreurs. La probabilité d'avoir le symbole interdit est Q_f , et elle est représentée sur un mot à 16 bits, en adoptant la même convention que celle qui est utilisée pour la probabilité d'avoir le symbole le moins probable (LPS, *less probable symbol*), Q_e , à l'Annexe C/JPEG 2000 – partie 1. La valeur de la probabilité d'avoir le symbole interdit est obtenue à partir du paramètre FSP dans le segment marqueur EPC. Afin de convertir le paramètre FSP (8 bits) en probabilité Q_f (16 bits), le paramètre FSP est multiplié par 0x56. Pour évaluer la valeur décimale correspondante de la probabilité, on doit diviser Q_f par $(4/3)*0 \times 8000$, comme spécifié à l'Annexe C/JPEG 2000 – partie 1. Les valeurs admissibles pour le paramètre FSP sont comprises entre 0x00 et 0xFA, la valeur par défaut étant FSP=0x00, ce qui garantit une compatibilité avec les versions antérieures du codeur arithmétique. Quelques exemples de conversion sont donnés dans le Tableau H.3.

Tableau H.3 – Exemples de conversion pour le paramètre FSP

Paramètre FSP	Q_f	Probabilité décimale
0x00	0x0000	0,000000
0x01	0x0056	0,001968
0x22	0x0B6C	0,066925
0xFA	0x53FC	0,492096

On définit les intervalles de codage suivants:

- sous-intervalle de symbole interdit $Q_f \approx A \cdot Q_f$;
- sous-intervalle de symbole LPS $Q_e \approx A \cdot Q_e$;
- sous-intervalle de symbole le plus probable (MPS, *most probable symbol*)
 $A - Q_e - Q_f \approx A - A \cdot (Q_e + Q_f)$.

Afin d'utiliser le symbole interdit, les valeurs normalisées de la probabilité Q_e du symbole LPS (définies dans le Tableau C.2/JPEG 2000 – partie 1) doivent être mises à jour conformément à la règle suivante, selon laquelle on multiplie les valeurs décimales des probabilités par le facteur $(1 - \text{la probabilité d'avoir le symbole interdit})$.

$$Q_e = Q_e - \frac{Q_e * Q_f}{(4/3) * 0x8000} = Q_e - (Q_e * Q_f * 3) \gg 17$$

A noter que l'évaluation de l'expression précédente nécessite la multiplication des variables à 16 bits Q_e , Q_f avec une précision binaire suffisante. La valeur Q_f peut être définie/supplanteée au niveau des composantes, des pavés et des couches et le tableau des probabilités des symboles LPS doit en conséquence rester synchronisé.

La redondance de codage introduite par le symbole interdit est $R_f = -\log_2 \left(1 - \frac{Q_f}{(4/3) * 0x8000} \right)$ bit par symbole entré.

Finalement, il faut remarquer que le codage MQF est entièrement conforme au codage arithmétique dans le cas $Q_f=0x0000$.

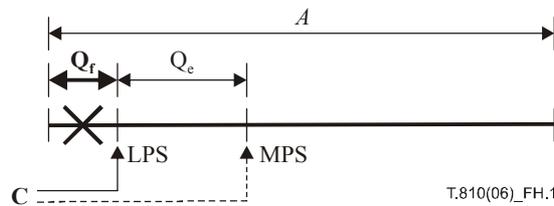


Figure H.1 – Intervalles de probabilité pour le codage MQF

H.3.2 Codage des symboles

La présence du symbole interdit implique une légère modification des étapes du codage arithmétique JPEG 2000 – partie 1. Les procédures CODELPS et CODEMPS doivent en particulier être modifiées, comme indiqué dans la Figure H.2. Les cadres grisés correspondent à des parties ajoutées aux procédures de codage arithmétique JPEG 2000 – partie 1, tandis que le cadre en pointillé correspond au point où la procédure JPEG 2000 – partie 1 doit être employée. A chaque codage de symbole, la valeur Q_f doit être soustraite du répertoire A , afin d'obtenir la grandeur de l'intervalle du symbole MPS, et ajoutée au répertoire C , afin de passer l'intervalle du symbole interdit. Les deux cadres grisés dans la figure remplacent l'unique cadre mentionnant $[A=A-Q_e(I(CX))]$ dans la Figure C.6/T.800. Le cadre en pointillé indique que la procédure continue ensuite à partir du cadre en trait plein suivant le cadre $[A=A-Q_e(I(CX))]$ dans la Figure C.6/T.800.

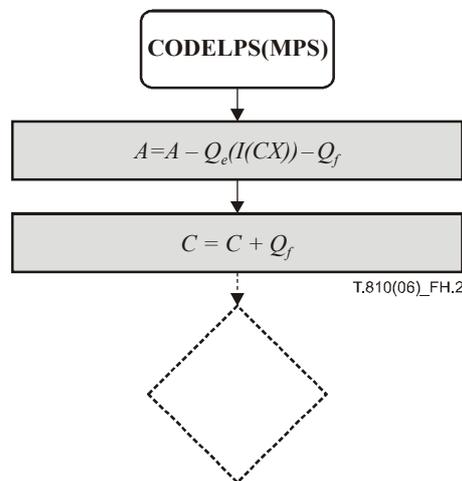


Figure H.2 – Codeur MQF: procédures CODELPS (MPS)

H.4 Symboles de segmentation résistante aux erreurs

L'adjonction des marqueurs de détection des erreurs et de synchronisation est définie comme suit:

- SEGMARK: schéma d'adjonction des marqueurs initiaux: 1010, codé arithmétiquement avec une probabilité uniforme, à la fin de chaque plan binaire, c'est-à-dire à la fin de chaque passe d'effacement.
- SEGMARKPASS: adjonction de 1010, codé arithmétiquement avec une probabilité uniforme, à la fin des passes de propagation de significativité et d'affinement de magnitude.
- SEGMARKSTRIPE n : adjonction d'un marqueur, codé arithmétiquement avec une probabilité uniforme, à la fin de chaque bande. Si n est 1, le marqueur est 10, sinon, si n est 2, le marqueur est 1010. D'autres valeurs de n ne sont pas nécessaires.

La présence des symboles de synchronisation SEGMARKPASS et SEGMARKSTRIPE est indiquée au moyen du marqueur SSP dans le Tableau H.4. Le bit c est mis sur 1 pour indiquer l'option SEGMARKPASS. Sa valeur par défaut est 0. L'option SEGMARKSTRIPE 2 est signalée en mettant les bits a et b sur 1. Si seul un de ces deux bits est mis sur 1, l'option SEGMARKSTRIPE 1 est employée. La valeur par défaut de ces deux bits est 00. Les autres bits du marqueur SSP sont réservés. Des exemples de valeur SSP sont donnés dans le Tableau H.4.

Tableau H.4 – Exemples de valeur SSP

Valeur SSP	Option
0000 0001	SEGMARKPASS
0000 0010	SEGMARKSTRIPE 1
0000 0110	SEGMARKSTRIPE 2
0000 0111	SEGMARKPASS + SEGMARKSTRIPE 2

H.5 Détection des erreurs

H.5.1 Décodage en présence d'erreurs

Les outils de résistance aux erreurs décrits dans la présente annexe peuvent être employés en même temps que ceux qui ont été adoptés dans la norme JPEG 2000 – partie 1 pour donner au décodeur des capacités de détection des erreurs. La détection des erreurs permet de tronquer convenablement le décodage des passes de codage erronées pour un bloc codé donné, donc d'empêcher la propagation des erreurs au niveau des coefficients transformés (voir le § J.7/JPEG 2000). Ci-après sont décrites les stratégies de détection des erreurs fondées sur le décodage MQF et les symboles de segmentation résistante aux erreurs.

H.5.2 Détection des erreurs lors du décodage MQF

Le décodage MQF impose que la procédure type JPEG 2000 – partie 1 DECODE soit modifiée comme indiqué dans la Figure H.3. L'évaluation de l'intervalle MQF modifié $A = A - Q_e - Q_f$ doit être employée. Le décodage avec symbole interdit permet de détecter les erreurs. En fait, si la chaîne des codes reçus s'avère être dans l'intervalle interdit $Chigh < Q_f$, les erreurs de transmission sont détectées et des stratégies de dissimulation ou de correction peuvent être adoptées. Au contraire, si aucune détection de symbole interdit n'a lieu, le répertoire C est déplacé vers la base de l'intervalle du symbole LPS $Chigh = Chigh = Q_f$, et le décodage arithmétique type peut être employé.

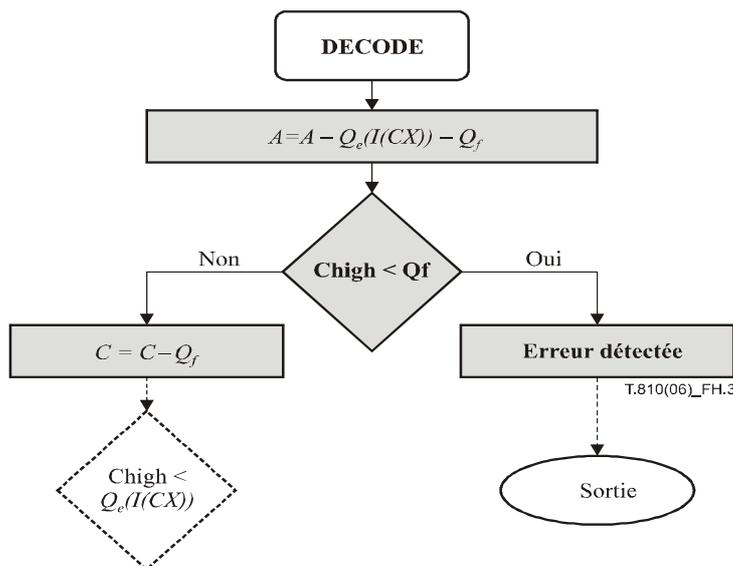


Figure H.3 – Procédure de décodage MQF

H.5.3 Détection des erreurs au moyen de symboles de segmentation

Le décodage correct du symbole de segmentation confirme l'exactitude du décodage jusqu'à ce point dans le flux codé. Si le symbole de segmentation n'est pas décodé correctement, des erreurs sur les bits se sont produites et des contre-mesures appropriées peuvent être adoptées.

H.6 Correction des erreurs

Le décodage MQF et les symboles de segmentation résistante aux erreurs permettent d'implémenter un décodeur JPWL capable de corriger les erreurs sur les bits au niveau du flux binaire.

H.6.1 Décodage fondé sur le rythme binaire

Le décodeur arithmétique est décrit dans la Figure H.4. Les données comprimées **CD** et un contexte **CX** sont introduits dans le décodeur afin qu'une décision binaire **D** puisse être émise. Plus précisément, afin que la *i*-ième décision binaire $d[i]$ puisse être émise dans le bloc codé, il est nécessaire d'introduire le contexte associé $CX[i]$ et un certain nombre de bits $CD[n_{i-1}+1;n_i]$ provenant des données comprimées, où *i* est un indice générique représentant l'ordre de balayage des symboles dans le bloc codé et n_i est le nombre total de bits qui ont été lus lorsque la décision $d[i]$ a été décodée. L'indice *i* est désigné sous le nom de *rythme des symboles* et le décodeur est dit être *actionné par le rythme des symboles*.

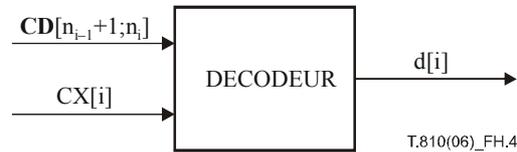


Figure H.4 – Décodeur arithmétique JPEG 2000 – partie 1 actionné par le rythme des symboles

Aux fins de la correction des erreurs, il est commode de passer à un décodeur actionné par le rythme binaire. Ce changement affecte seulement l'interface et non les propriétés du décodeur. Le module du décodeur arithmétique actionné par le rythme binaire accepte en entrée un bit unique $CD[n]$, où *n* correspond à la position dans le flux codé, et un nombre variable de contextes **CX** correspondant à un nombre variable de décisions binaires **D** émises. Cette nouvelle représentation est illustrée dans la Figure H.5, où i_n est le nombre total de décisions qui ont été décodées après lecture de *n* bits dans les données comprimées.



Figure H.5/T.810 – Décodeur arithmétique JPEG 2000 – partie 1 actionné par le rythme binaire

Afin d'implémenter un tel décodeur, les fonctions **DECODE**, **RENORMD** et **INITDEC**, représentées respectivement dans les Figures C.15, C.18 et C.20 de la norme JPEG 2000 – partie 1 ont été modifiées, comme indiqué dans les Figures H.6, H.7 et H.8.

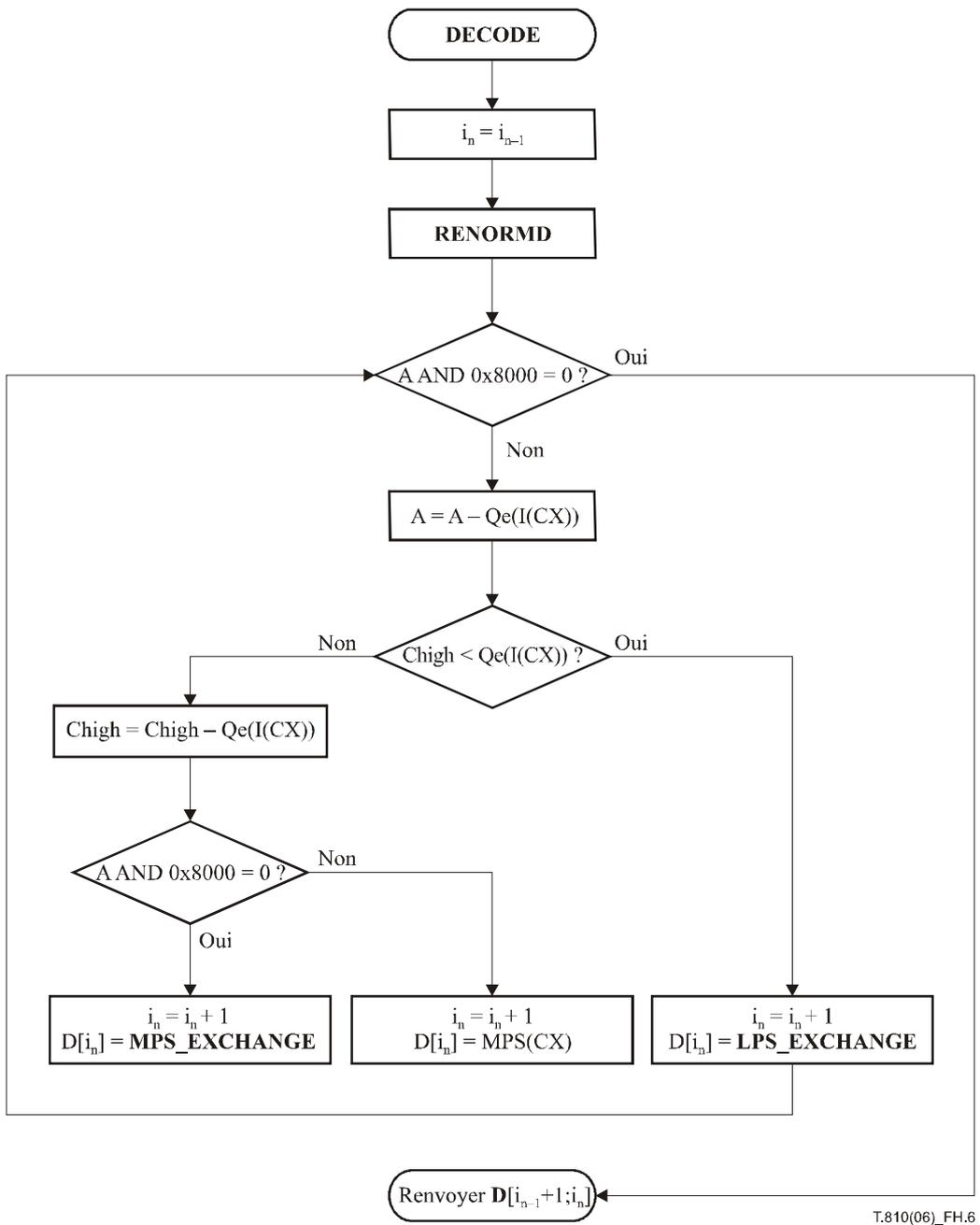


Figure H.6 – Procédure DECODE fondée sur le rythme binaire

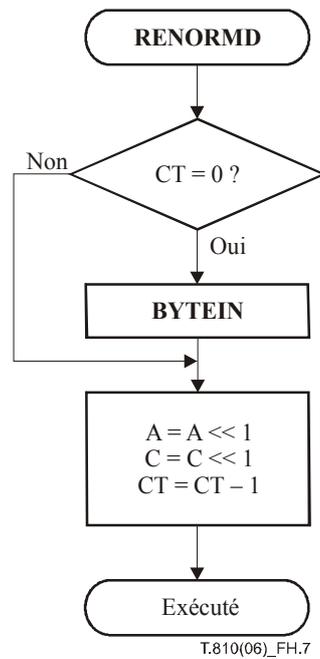


Figure H.7 – Procédure RENORMD fondée sur le rythme binaire

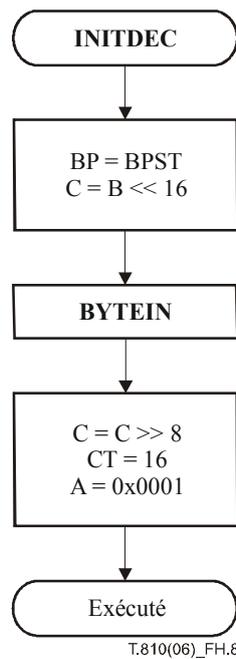


Figure H.8 – Procédure INITDEC fondée sur le rythme binaire

En fait, tous les symboles possibles qui peuvent être identifiés, pour un bit d'entrée $CD[n]$ donné, sont décodés. Cette approche permet d'effectuer le décodage séquentiel sur la base du rythme binaire. Elle peut être modélisée sous la forme d'un automate de transition d'états représenté dans la Figure H.9. Un état $\sigma[n]$ peut contenir toutes les informations nécessaires sur les états internes, par exemple les états du décodeur arithmétique. La transition entre les états $\sigma[n-1]$ et $\sigma[n]$ est déclenchée par le bit $CD[n]$. Un nombre variable de décisions binaires D émises est associé à cette transition.

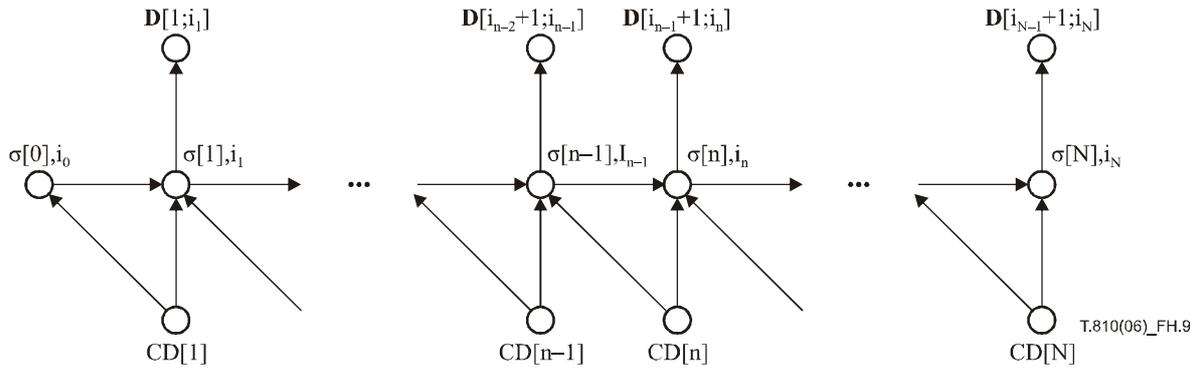


Figure H.9 – Représentation d'un automate de transition d'états du processus de décodage

H.6.2 Correction des erreurs dans le flux binaire

Lorsque le flux codé binaire \underline{CD} émis par le codeur arithmétique est transmis à travers un canal bruyant, le décodeur JPWL observe une version endommagée du flux binaire \underline{CD} . Les outils de détection d'erreurs précédemment décrits sont employés pour repérer la présence d'erreurs sur les bits. Dans un tel cas, le décodeur JPWL tente de corriger les erreurs au moyen du décodage actionné par le rythme binaire et de techniques de recherche séquentielle. A chaque profondeur de bits n dans l'automate de décodage, représenté dans la Figure H.9, un ensemble de flux binaires possibles \underline{CD}_k , susceptibles d'être retenus, est examiné. Un certain espace mémoire auquel k fait appel est employé pour enregistrer l'ensemble des flux binaires susceptibles d'être retenus. Chacun de ces flux \underline{CD}_k , avec ses décisions décodées correspondantes D_k , est classé conformément à une métrique appropriée $M_k(n)$, qui permet de sélectionner celui qui est le plus probable \underline{CD} et correspond aux décisions correctes D .

H.6.3 Métriques

H.6.3.1 Métrique maximale a posteriori

La probabilité maximale a posteriori (MAP, maximum a posteriori) pour le flux binaire \underline{CD}_k avec profondeur de bits n est définie comme suit:

$$P(D_k[1; i_n] | \underline{CD}[1; n]) \propto P(D_k[1; i_n]) \cdot P(\underline{CD}[1; n] | \underline{CD}_k[1; n])$$

Le décodeur JPWL utilise la métrique MAP suivante:

$$M_k(n) = \log [P(D_k[1; i_n]) \cdot P(\underline{CD}[1; n] | \underline{CD}_k[1; n])]$$

En présence d'un canal sans mémoire et en supposant un modèle de Markov d'ordre 1 pour les bits de décision, la métrique $M_k(n)$ peut être calculée comme suit, conformément à l'automate de transition d'états:

$$\begin{cases} M_k(0) = 0 \\ M_k(n) = M_k(n-1) + \sum_{j=i_{n-1}}^{i_n} \log [P(D_k[j] | D_k[1; j-1])] + \log [P(\underline{CD}[n] | \underline{CD}_k[n])] \end{cases}$$

Le terme $P(D_k[i] | D_k[1; i-1])$ représente la probabilité a priori des bits de décision et il est évalué au moyen du modèle contextuel binaire de modélisation binaire des coefficients, où la probabilité pour le symbole LPS est donnée approximativement par les valeurs Q_e , définies par le codeur arithmétique. Le logarithme des probabilités du modèle source peut être calculé d'avance et consignés dans un tableau afin d'accélérer l'évaluation de la métrique. Le terme $P(\underline{CD}[n] | \underline{CD}_k[n])$ représente la probabilité de transition dans les canaux. A l'évidence, la métrique définie nécessite la définition d'un modèle de canal, dont l'état doit être disponible au niveau du récepteur; néanmoins, lorsque cette information n'est pas disponible, les métriques simplifiées décrites dans les § H.6.3.2 et H.6.3.3 peuvent être employées.

H.6.3.2 Distance de Hamming

La métrique de Hamming est définie comme la distance de Hamming entre les flux binaires reçus \underline{CD} et susceptibles d'être retenus \underline{CD}_k . La métrique additive de Hamming est définie au moyen de la formule $M_k(n) = \underline{M}_k(n-1) - \underline{CD}[n] \oplus \underline{CD}_k[n]$ où le symbole \oplus représente la somme modulo 2.

Cette simple métrique peut être employée lorsque le flux binaire est transmis à travers un canal d'entrée/de sortie binaire et qu'aucune information (modèle de canal, taux d'erreurs sur les bits, etc.) n'est renvoyée au niveau du décodeur.

H.6.3.3 Distance euclidienne

La métrique euclidienne peut être employée lorsque le flux binaire est transmis à travers un canal avec entrée binaire et sortie réelle. Dans ce cas, la métrique additive est donnée par la formule $M_k(n) = M_k(n-1) - |\underline{CD}^S[n] - \text{soft}(CD_k[n])|$ où $\underline{CD}^S[n]$ est la valeur souple reçue correspondant au bit $CD[n]$, et $(CD_k[n])$ est la valeur souple transmise correspondant au bit $CD_k[n]$.

H.6.4 Exemple de recherche séquentielle

Le présent paragraphe décrit un exemple de recherche séquentielle. La recherche séquentielle est fondée sur l'arborescence de décodage illustrée dans la Figure H.10. Chaque nœud dans cette arborescence représente un flux binaire candidat, susceptible d'être retenu, CD_k , décodé jusqu'à la profondeur de bits n . Pour chaque profondeur, un nombre maximal de candidats MEM sont enregistrés en vue de récursions ultérieures. A chaque itération, tous les candidats enregistrés sont étendus d'un bit vers l'avant. En cas de détection d'erreurs, le candidat est éliminé (voir CD_3 à la profondeur de bits $n=2$ dans la Figure H.10). Au contraire, tant que les flux binaires candidats semblent corrects, les métriques de décodage $M_k(n)$ sont mises à jour et seuls les meilleurs candidats MEM sont enregistrés pour l'itération suivante. Lorsque la profondeur de bits maximale pour le flux binaire concerné est atteinte, le meilleur candidat en termes de métrique de décodage est considéré comme étant le flux binaire le plus probable CD .

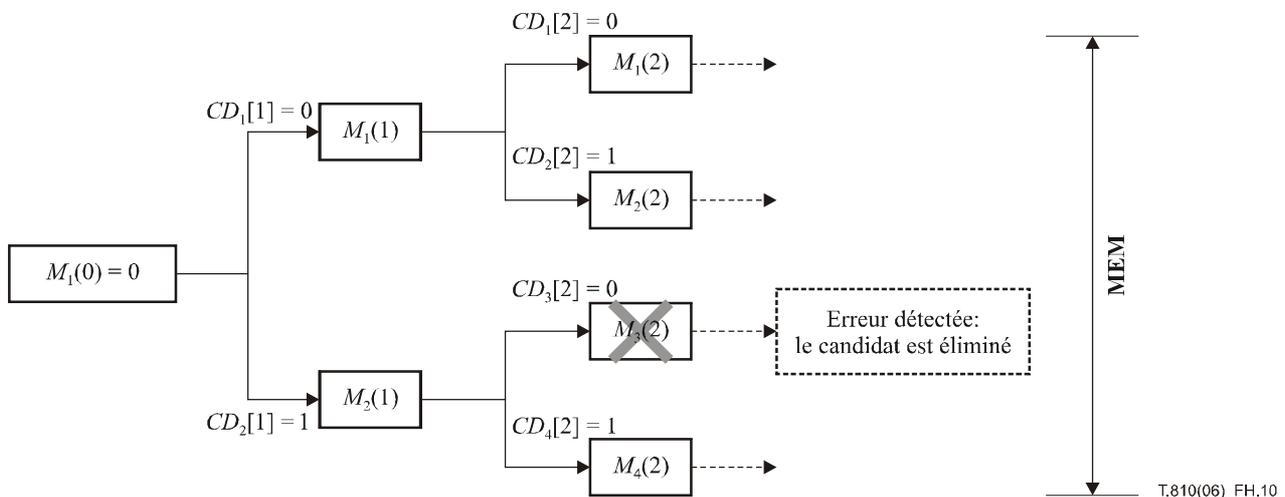


Figure H.10 – Exemple de recherche séquentielle

Annexe I

Protection différenciée contre les erreurs

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

I.1 Introduction

L'objectif de la présente annexe informative est d'expliquer comment il est possible d'utiliser les outils normatifs de la norme JPWL pour assurer une protection différenciée (UEP, *unequal error protection*) du flux codé JPEG 2000. Cette protection UEP peut bénéficier des informations du descripteur de la sensibilité aux erreurs lors du choix de la technique la plus appropriée de protection des différentes parties d'un flux codé JPEG 2000. Elle peut être appliquée de différentes manières, dans le flux codé grâce à une structure souple du bloc de protection contre les erreurs, ou en divisant le flux codé JPEG 2000 en différentes parties, chacune d'elles étant protégée de manière différente, et envoyée dans des environnements sujets à erreurs différents.

I.2 Utilisation des informations du descripteur de la sensibilité aux erreurs en tant qu'entrée dans les systèmes de protection différenciée contre les erreurs

Le descripteur de la sensibilité aux erreurs permet de sélectionner la technique la plus appropriée de protection des différentes parties du flux codé JPEG 2000 en signalant la sensibilité aux erreurs des parties respectives. Les parties les plus importantes du flux codé sont alors protégées au moyen d'une redondance plus grande que celle des parties moins importantes du flux codé. Cette protection contre les erreurs peut être assurée par un processus, qui sort du cadre de la présente Recommandation | Norme internationale, ou au moyen d'un bloc de protection contre les erreurs, comme défini dans le § I.3.

I.3 Utilisation du bloc de protection contre les erreurs en vue d'une protection différenciée

Le paramètre LDPePB du segment marqueur EPB pouvant être présent dans un en-tête de pavé élémentaire peut concerner des données qui sortent des limites de l'en-tête de pavé élémentaire. Cela permet d'inclure le flux codé JPEG 2000 dans le domaine de protection contre les erreurs, les en-têtes de paquet étant compris ou non en fonction de l'utilisation de la propriété de paquet compact de la norme JPEG 2000 – partie 1.

Le paramètre PePB de chacun des segments marqueurs EPB peut être utilisé pour décrire la technique de correction d'erreurs employée pour protéger les différentes parties du flux codé. Chaque segment marqueur EPB successif peut utiliser une configuration PePB différente, soit un code choisi au sein de la même famille de codes de correction d'erreurs, soit la description de l'emploi de plusieurs techniques. En fait, les données redondantes des segments marqueurs EPB permettent de protéger différemment contre les erreurs les différentes parties du flux codé auxquelles elles se réfèrent. Dans l'exemple donné dans la Figure I.1, le bloc EPB0 protège les segments marqueurs d'en-tête de pavé élémentaire tandis que les blocs EPB1 à EPBn protègent les parties L1 à Ln du flux codé.

Les codes prédéfinis ainsi que les codes par défaut peuvent être employés à ces fins. Si d'autres codes de correction d'erreurs sont utilisés, ils doivent être signalés dans le segment marqueur EPC.

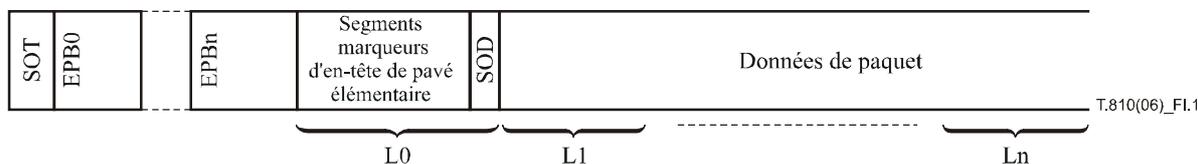


Figure I.1 – Utilisation des blocs EPB pour la protection différenciée contre les erreurs

Annexe J

Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

J.1 Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444-1

Les outils JPWL sont entièrement compatibles avec la norme antérieure JPEG 2000 – partie 1 au sens de compatibilité avec les versions antérieures et avec les extensions antérieures, telle qu'elle est définie au § 3. La présente annexe est informative seulement.

J.2 Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444-3

Tous les outils JPWL, destinés au niveau du flux codé, peuvent être employés pour améliorer la résistance des images JPEG 2000 animées en présence d'erreurs. Ils peuvent éventuellement être utilisés pour protéger chacun des flux codés individuellement.

J.3 Interfonctionnement avec l'ISO/CEI 15444-8 (JPSEC)

La norme relative au codage JPEG 2000 sécurisé ou JPSEC (ISO/CEI 15444-8) étend la spécification JPEG 2000 de base pour normaliser le cadre du codage sécurisé des images. Ce cadre permet l'intégration efficace et l'utilisation des outils nécessaires à la sécurisation des images numériques, telle que la protection du contenu, le contrôle d'intégrité des données, l'authentification, et le contrôle d'accès conditionnel. En étant ouvert et souple, ce cadre ouvre la voie à des extensions futures.

La norme JPSEC permet l'emploi d'outils de sécurité assurant un certain nombre de services de sécurité, notamment:

- la confidentialité;
- la vérification de l'intégrité;
- l'authentification de la source;
- l'accès conditionnel;
- la diffusion modulable sécurisée et le transcodage sécurisé;
- l'identification des contenus enregistrés.

Dans la norme JPSEC sont définis deux segments marqueurs: SEC et INSEC.

Le segment marqueur SEC est présent dans l'en-tête principal et est obligatoire. Il donne des informations générales sur les outils de sécurité qui ont été employés pour sécuriser l'image. Plus précisément, le segment marqueur SEC indique les outils JPSEC qui ont servis à cet effet et certains paramètres renvoyant à la technique utilisée. Ces paramètres peuvent indiquer, entre autres, les parties du flux codé qui ont été sécurisées.

Le segment marqueur INSEC est un moyen supplémentaire qui permet, en vue de compléter les informations de l'en-tête principal, de transmettre des paramètres pour l'un des outils de sécurité déclaré dans le segment marqueur SEC. Il peut être placé dans les données du flux codé et est facultatif. Il emploie le fait que le décodeur arithmétique dans la norme JPEG 2000 arrête de lire les octets lorsqu'il rencontre un marqueur de terminaison (c'est-à-dire deux octets avec une valeur supérieure à 0xFF8F).

J.3.1 Relations générales entre les opérations JPWL et JPSEC

La combinaison des opérations JPWL et JPSEC est requise lorsque des images JPEG 2000 doivent être sécurisées et transmises dans un canal hertzien sujet à erreurs.

Du côté émetteur, la sensibilité aux erreurs JPWL apparaît généralement au cours du codage JPEG 2000. Les outils JPSEC sont alors utilisés pour sécuriser le flux codé. Finalement les outils de codage JPWL sont employés pour rendre le flux codé plus résistant aux erreurs de transmission.

Du côté récepteur, les outils de décodage JPWL sont d'abord utilisés pour corriger d'éventuelles erreurs de transmission. Au cours de cette étape, les opérations JPWL peuvent aussi fournir des informations sur les erreurs résiduelles. Finalement, les outils JPSEC sont employés pour assurer les services de sécurité choisis.

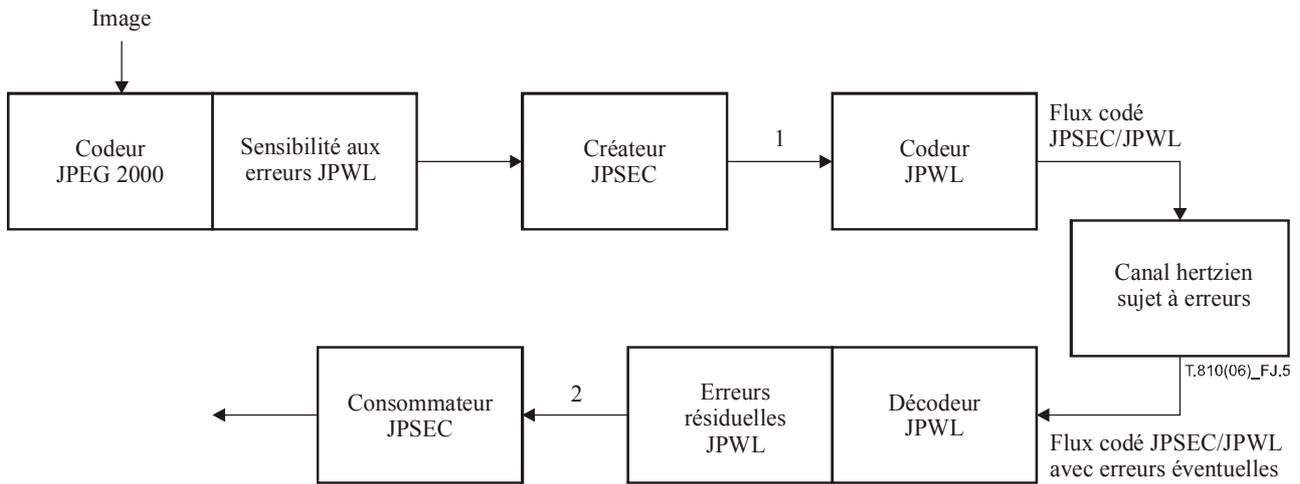


Figure J.1 – Combinaison type d'opérations JPWL et JPSEC

J.3.2 Questions particulières relatives à l'interfonctionnement entre les opérations JPWL et JPSEC

S'agissant de l'interfonctionnement entre les opérations JPWL et JPSEC, un certain nombre de questions, détaillées ci-après, doivent être examinées:

- 1) capacité de protection contre les erreurs (EPC) JPWL: la présence de ce segment marqueur affectera les gammes d'octets. A noter qu'il doit être présent dans un flux codé JPWL;
- 2) bloc de protection contre les erreurs (EPB) JPWL: ce segment marqueur est généralement ajouté en dernier lieu au niveau de l'émetteur et supprimé en premier lieu au niveau du récepteur. En principe, il ne devrait pas affecter les opérations JPSEC;
- 3) descripteur de la sensibilité aux erreurs (ESD) JPWL: ce segment marqueur est généralement ajouté au cours du codage JPEG 2000 – partie 1, auquel cas il est transparent pour les opérations JPSEC suivantes. Toutefois, celles-ci pourraient affecter défavorablement l'utilisation du descripteur ESD au cours des opérations JPWL. En particulier, les opérations JPSEC ne devraient pas modifier les gammes d'octets lorsque celles-ci sont employées par le descripteur ESD. En outre, elles ne devraient pas affecter les valeurs de la distorsion, sinon les informations acheminées par le descripteur ESD seraient sans intérêt. Le créateur JPSEC a dans ce cas la possibilité de supprimer le segment marqueur ESD;
- 4) descripteur d'erreurs résiduelles (RED) JPWL: ce segment marqueur peut être inséré après le décodage JPWL. En raison de cela, il pourrait affecter les gammes d'octets JPSEC. Il pourrait aussi avoir une incidence sur les techniques d'authentification de l'intégrité JPSEC. En cas de flux codé endommagé, l'information du segment marqueur RED peut aider le consommateur JPSEC à le manipuler de façon appropriée;
- 5) segment marqueur SEC JPSEC: la présence de ce segment marqueur affectera la gamme d'octets. A noter qu'il est obligatoire dans un flux codé JPSEC;
- 6) segment marqueur INSEC JPSEC: la présence de ce segment marqueur affectera la gamme d'octets. A noter qu'il apparaît dans les données du flux codé.

Lorsqu'il n'y a pas d'erreurs résiduelles, le codeur et le décodeur JPWL devraient idéalement être transparents. En d'autres termes, dans ce cas, les flux aux points 1 et 2 dans la Figure J.1 devraient être strictement identiques.

On peut recommander d'une manière générale que, lorsqu'elles sont employées avec les opérations JPWL, il est préférable que les opérations JPSEC utilisent des gammes d'octets commençant après le marqueur SOD afin de minimiser les problèmes concernant les gammes d'octets. En outre, il est préférable de limiter la présence des segments marqueurs JPWL à l'en-tête principal et d'éviter qu'ils soient présents dans les en-têtes de pavé élémentaire.

Annexe K

Autorité d'enregistrement

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

K.1 Introduction générale

Le mécanisme d'enregistrement JPWL permet d'identifier sans ambiguïté les outils de sécurité non normatifs qui sont conformes à la norme JPWL et qui pourront encore être proposés ou développés en tant qu'outils non normatifs. Cet enregistrement est effectué par une Autorité d'enregistrement JPWL. Il doit être conforme au chapitre 18 des Directives du JTC 1. L'enregistrement de ces nouveaux outils JPWL est contrôlé selon la procédure définie dans la présente annexe.

Les demandeurs peuvent soumettre les technologies qu'ils souhaiteraient voir énoncées dans la liste de références JPWL. A noter que l'utilisation de l'outil est spécifiée au moyen du segment marqueur EPC JPWL présent dans le flux codé (voir Annexes A et C). Lorsque, dans une demande, l'on rencontre un identificateur JPWL inconnu, on peut, si cela est possible, s'adresser à une Autorité d'enregistrement JPWL et demander les informations enregistrées sur cet outil.

K.2 Conditions à remplir par les demandeurs d'enregistrements

Les demandeurs habilités sont des organismes reconnus par leurs organes nationaux.

K.3 Demandes d'enregistrement

Les demandes d'enregistrement de nouveaux outils JPWL doivent être publiées par une Autorité d'enregistrement JPWL. Cette publication doit contenir des formules de demande d'enregistrement, de demande de mise à jour, de notification d'affectation ou de mise à jour, ou de rejet de demande.

Toutes les formules doivent comporter les éléments suivants:

- nom de l'organisme demandeur;
- adresse de l'organisme demandeur;
- nom, fonction, adresse postale/électronique, numéro de téléphone/fax d'un contact au sein de l'organisme.

Les formules de demande d'enregistrement et de demande de mise à jour doivent aussi comporter les éléments suivants:

- nom de l'outil JPWL (obligatoire);
- type d'outil JPWL;
- résumé technique descriptif (obligatoire);
- aperçu descriptif de l'outil (obligatoire);
- description d'un exemple d'utilisation opérationnelle (facultative);
- spécification de la syntaxe des paramètres, y compris les valeurs possibles (facultative);
- directives pour une utilisation optimale (facultatives);
- droits de propriété intellectuelle: état, par exemple, propriétaire, détenteur des droits (facultatifs);
- droits de propriété intellectuelle: conditions d'utilisation (obligatoires);
- restrictions d'emploi, par exemple, conditions d'exportation (facultatives);
- information relative au téléchargement des implémentations (facultative);
- observations additionnelles, motivation, références ... (facultatives);
- exigence de confidentialité de certains renseignements dans les demandes (facultative);
- durée exigée pour l'en-tête de l'outil (facultative).

L'Autorité d'enregistrement JPWL doit aussi fournir des didacticiels pour aider les demandeurs à préparer leurs demandes.

K.4 Examen des demandes et réponses à celles-ci

Dans la présente section est définie la procédure d'examen, à appliquer équitablement par l'Autorité d'enregistrement JPWL, des demandes et les réponses à celles-ci,

Un comité technique d'examen est créé pour examiner les demandes. Ce comité est composé de membres du JTC 1/SC 29/WG 1 ISO/CEI et de membres de l'Autorité d'enregistrement JPWL. Le comité d'examen examine les demandes au cours d'une réunion du WG 1, au plus tard neuf mois après l'introduction de la demande.

Le comité d'examen accepte ou rejette la demande, sur la base des critères de rejet énoncés dans le § K.4.1 de la présente annexe.

S'il est accepté, le nouvel outil JPWL est affecté d'un identificateur, comme spécifié à l'Annexe C, et est considéré comme possédant une référence. Le comité d'examen approuve les informations décrivant l'outil JPWL. L'identificateur doit ensuite être employé pour la signalisation dans le flux codé JPEG 2000 au moyen du segment marqueur EPC (voir Annexes A et C).

Lorsque la demande a été examinée et acceptée, l'Autorité d'enregistrement JPWL notifie au demandeur la réponse positive ou négative à la demande d'enregistrement. Cette réponse doit contenir une courte explication des résultats de l'examen technique et doit être renvoyée aux demandeurs au plus tard neuf mois après la date de la demande.

Il peut être fait appel d'une décision négative si le demandeur de l'enregistrement juge que le rejet est erroné ou que de plus amples informations sont nécessaires pour clarifier les questions ou les problèmes. Si le demandeur exige un examen autre que celui qui a été effectué dans le cadre de la procédure appliquée par l'autorité, il peut soumettre sa demande d'examen par le comité GT 1 élargi à la prochaine réunion appropriée de celui-ci. Il peut alors être prié de fournir des informations supplémentaires à la demande des experts qui, sous l'autorité du GT 1, donneront une réponse finale et définitive d'acceptation ou de rejet. Afin qu'une demande rejetée puisse être réexaminée par le GT 1, les demandeurs doivent soumettre leur nouvelle proposition par l'intermédiaire de leur organe national en spécifiant ce qui justifie un réexamen de la demande par le GT 1.

K.4.1 Rejet des demandes

Les critères de rejet d'une demande sont les suivants:

- le demandeur ne remplit pas les conditions requises;
- les frais n'ont pas été payés (le cas échéant);
- un article approuvé et enregistré, dont la description est identique à celle de la demande, existe déjà;
- les informations contenues dans la demande sont incomplète ou peu claires;
- l'insertion dans le registre ne se justifie pas. Il faut démontrer que l'outil JPWL proposé assure un service de sécurité utile et donner des exemples de cas d'utilisation pertinente;
- l'autorité juge que l'outil proposé n'est pas suffisamment original et qu'il pourrait être employé avec un élément existant et approuvé;
- la demande comporte des erreurs et n'est pas conforme aux parties normatives de la norme JPWL;
- la description technique est insuffisante;
- les conditions de confidentialité ne sont pas respectées.

K.4.2 Affectation des identificateurs et enregistrement des définitions d'objets

La procédure de réexamen et le texte ci-dessus assurent que l'identificateur affecté est unique dans le registre et que le même identificateur n'est pas affecté à un autre objet.

Après que l'affectation a été faite, l'identificateur et les informations y associées doivent être reportés dans le registre et l'Autorité d'enregistrement JPWL doit informer le demandeur de cette affectation dans les neuf mois.

La définition de l'outil JPWL doit être enregistrée dans le registre au moment où l'identificateur est affecté.

Les identificateurs peuvent être réutilisés par une Autorité d'enregistrement. Ils deviennent par exemple disponibles pour une réutilisation après leur expiration ou s'ils sont volontairement abandonnés ou récupérés. Les propriétaires d'identificateurs peuvent volontairement abandonner leurs identificateurs en faisant une demande de mise à jour.

L'autorité d'en-tête JPWL peut récupérer un identificateur pour des raisons techniques ou pour un mauvais usage de l'outil. Lorsque cela se produit, les propriétaires des identificateurs doivent être notifiés au moyen d'une notification de mise à jour.

K.5 Tenue du registre

Aux fins de la tenue du registre, l'Autorité d'enregistrement doit implémenter des mécanismes en vue de garder l'intégrité du registre et de prévoir les sauvegardes appropriées pour la conservation des enregistrements.

Le propriétaire d'un identificateur peut mettre à jour les informations associées à l'outil JPWL au moyen d'une demande de mise à jour. L'Autorité d'enregistrement JPWL doit disposer de mécanismes permettant de préserver la confidentialité des informations introduites dans la demande.

K.6 Publication du registre

Généralement, les intérêts de la communauté des utilisateurs de la technologie de l'information sont les mieux servis lorsque les informations contenues dans le registre sont rendues publiques. Dans certains cas toutefois, il peut être nécessaire d'assurer la confidentialité de tout ou partie des données relatives à un enregistrement particulier, soit de façon permanente soit pour une partie de la procédure d'enregistrement.

L'Autorité d'enregistrement JPWL doit publier les informations du registre de façon à respecter la confidentialité qu'exige l'outil JPWL.

Lorsque la publication est exigée, il est obligatoire de fournir une version électronique et une version sur papier. Si l'Autorité d'enregistrement JPWL est tenue d'assurer la publication, elle doit consigner précisément les destinataires de ses publications.

K.6.1 Prescriptions relatives aux informations dans le registre

L'Autorité d'enregistrement JPWL doit publier sous forme électronique la liste des outils JPWL non normatifs de son registre, ainsi que les informations relatives, et d'une manière qui est conforme aux exigences de confidentialité de l'outil JPWL.

Pour chacun des outils JPWL, le registre doit contenir les informations suivantes:

- identificateur affecté;
- nom du demandeur initial;
- adresse du demandeur initial;
- date de l'affectation initiale;
- date du dernier transfert d'affectation, s'il est autorisé (susceptible d'être mise à jour);
- nom du propriétaire actuel (susceptible d'être mis à jour);
- adresse du propriétaire actuel (susceptible d'être mise à jour);
- nom, fonction, adresse postale/électronique, numéro de téléphone/fax d'un contact au sein de l'organisme (susceptibles d'être mis à jour);
- date de la dernière mise à jour (susceptible d'être mise à jour).

Il doit aussi contenir des informations fournies par le demandeur sur son outil JPWL, comme spécifié au § K.3 ci-dessus.

Annexe L**Déclaration relative aux brevets**

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

La conformité avec certains processus mentionnés dans la présente Recommandation | Norme internationale pourrait éventuellement nécessiter l'emploi d'une invention couverte par les droits attachés aux brevets. La publication de la présente Recommandation | Norme internationale ne constitue pas une prise de position en ce qui concerne la validité de cette revendication ou de tous droits y afférents, attachés aux brevets. Des informations relatives à ces brevets peuvent être obtenues directement auprès des organismes. Le tableau donne une synthèse des brevets officiels et des déclarations relatives aux droits de propriété intellectuelle qui ont été reçues.

Tableau L.1 – Déclarations reçues relatives aux droits de propriété intellectuelle

Numéro	Société
1	Thales
2	INRIA

BIBLIOGRAPHIE

- [1] POULLIAT (C.), VILA (P.), PIREZ (D.) and FIJALKOW (I.): Progressive JPEG 2000 Image Transmission over noisy channel, *Eusipco 2002*, Toulouse, France, 3-6 septembre 2002.
- [2] MOCCAGATTA (I.), SOUDAGAR (S.), LIANG (J.) and CHEN (H.): Error-Resilient Coding in JPEG-2000 and MPEG-4, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 18, No. 6, pp. 899-914, juin 2000.
- [3] HAGENAUER (J.): Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes (RCPC Codes) and their applications, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 36, No. 4, pp. 389-400, avril 1988.
- [4] MORELOS-ZARAGOZA (R.H.), FOSSORIER (M.P.C.), LIN (S.) and IMAI (H.): Multilevel Coded Modulation for Unequal Error Protection and Multistage Decoding - Part I: Symmetric Constellations, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 48, No. 2, février 2000.
- [5] NATU (A.), TAUBMAN (D.): Unequal Protection of JPEG 2000 Code-Streams in Wireless Channels, *Proceedings of IEEE GLOBECOM'02*, Vol. 1, pp. 534-538, Taïpei, China, 17-21 novembre 2002.
- [6] SANCHEZ (V.), MANDAL (M.K.): Robust transmission of JPEG 2000 images over noisy channels, *Proceedings of IEEE ICCE'02*, pp. 80-81, 2002.
- [7] NICHOLSON (D.), LAMY-BERGOT (C.), NATUREL (X.) and POULLIAT (C.): JPEG 2000 backward compatible error protection with Reed-Solomon codes, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 49, No. 4, pp. 855-860, novembre 2003.
- [8] MACWILLIAMS (F.J.), SLOANE (N.J.A.): The Theory of Error-Correcting Codes, North-Holland: New York, NY, 1977.
- [9] GRANGETTO (M.), MAGLI (E.) and OLMO (G.): Robust video transmission over error-prone channels via error correcting arithmetic codes, *IEEE Communications Letters*, Vol. 7, No. 12, pp. 596-598, décembre 2003.
- [10] GUIONNET (T.), GUILLEMOT (C.): Soft decoding and synchronization of arithmetic codes: application to image transmission over noisy channels, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 12, No. 12, pp. 1599-1609, décembre 2003.
- [11] PRESS (William H.), FLANNERY (Brian P.), TEUKOLSKY (Saul A.) and VETTERLING (William T.): Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing, Second Edition, Cambridge University Press, Chapitre 20, pp. 896-903.
- [12] FRESCURA (F.), FECI (C.), GIORNI (M.) and CACOPARDI (S.): JPEG 2000 and MJPEG 2000 Transmission in 802.11 Wireless Local Area Networks, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 49, No. 4, pp. 861-871, novembre 2003.
- [13] NATU (A.), FRESIA (M.) and LAVAGETTO (F.): Transmission of JPEG 2000 Code-Streams over Mobile Radio Channels, *IEEE International Conference on Image Processing*, Vol. 1, pp. 785-788, Gênes, Italie, septembre 2005.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
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	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
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, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication