

# Diffusion raster au format JPEG2000

## Descriptif technique



[ign.fr](http://ign.fr)

Date du document : Juillet 2013

Révision : Juillet 2022

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	2
<b>1. PRÉSENTATION DU DOCUMENT</b> .....	3
1.1 Ce que contient ce document .....	3
1.2 Ce que ne contient pas ce document .....	3
<b>2. DESCRIPTIF TECHNIQUE</b> .....	4
2.1 Introduction .....	4
2.2 Caractéristiques du format JPEG2000 .....	4
2.2.1 Définition .....	4
2.2.2 Facteur de compression.....	5
2.2.3 Volumétrie .....	9
2.2.4 Découpage et livraison des données images .....	9
2.2.5 Compatibilité avec les principaux SIG .....	10
2.2.6 Compatibilité avec d'autres drivers JPEG2000.....	10
2.3 Géoréférencement des images JPEG2000 .....	11
2.3.1 Généralités .....	11
2.3.2 Système de référence .....	11
2.3.3 Mises en œuvre .....	11
<b>ANNEXE A – ANNEXES DU DOCUMENT</b> .....	12
Annexe 1 - Liste des références .....	12
1.1 Documents applicables .....	12
1.2 Documents de référence.....	12
Annexe 2 - Glossaire .....	13
Annexe 3 - Terminologie JPEG2000 FR (extrait de 15444-1 paragraphe 3 - Définitions) .....	14
Annexe 4- JPEG2000 : Paramétrage et mise en œuvre .....	19
4.1 Compression .....	19
4.1.1 Compression sans perte.....	19
4.1.2 Compression avec perte.....	19
4.2 Profil 1 .....	19
4.3 Tuilage.....	19
4.4 Precincts.....	20
4.5 Codeblock .....	20
4.6 Nombre de niveaux de décomposition.....	20
4.7 Nombre de couches qualité .....	20
4.8 Ordre de progression du codestream .....	20
4.9 Marqueurs .....	21
4.10 Exemples pratiques.....	21
4.10.1 JPEG2000 « standard » .....	21
4.10.2 JPEG2000 « optimisé » (facteur de compression 20).....	21
Annexe 5 - Exigences du profil 1 JPEG 2000 (ISO/IEC 15444-1) .....	22
Annexe 6 - Exigences de conformité géoréférencement imagerie .....	23
Annexe 7 - Géoréférencement GeoJP2™ intégré au fichier JP2 .....	24
<b>ANNEXE B – ÉVOLUTION DU DOCUMENT</b> .....	26

# 1. PRÉSENTATION DU DOCUMENT

## 1.1 Ce que contient ce document

Le présent document décrit l'implémentation du format JPEG2000 dans le cadre de la diffusion des produits « raster » de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

Les évolutions de ce document sont présentées en [ANNEXE B](#).

## 1.2 Ce que ne contient pas ce document

Ce document ne décrit pas les produits « raster » qu'il présente en termes de contenu, ce qui est traité dans des « descriptifs de contenu » séparés et associés aux données, qui contiennent les informations suivantes :

- caractéristiques générales du produit ;
- critères de qualité.

Ce document ne décrit pas la manière dont les données « raster » sont diffusées, ce qui est traité dans des « descriptifs de livraison » séparés et associés au type de données, qui contiennent les informations suivantes :

- organisation des données ;
- nomenclature des fichiers et structure des données.

Ce document ne décrit pas les évolutions des produits « raster » qu'il présente, ce qui est traité dans des « Suivis des évolutions » séparés et associés à chaque produit, qui contiennent les informations suivantes :

- évolution des produits ;
- évolution de leur documentation.

L'ensemble de ces documents est disponible sur le site [géoservices](#) de l'IGN, accessible en cliquant sur l'imagette ci-dessous :



Ce document n'est pas non plus un manuel d'utilisation des produits.

## 2. DESCRIPTIF TECHNIQUE

### 2.1 Introduction

Au cours de l'année 2012, l'IGN a décidé de faire évoluer les formats de diffusion de ses produits « raster » pour s'adapter aux dernières évolutions techniques dans ce domaine. Le format JPEG2000 est apparu comme le format le plus adapté à la production et à la diffusion des produits images IGN.

En 2013, l'Institut met en place, d'une part, une version appelée « standard » du format JPEG2000<sup>1</sup> en archivage et en diffusion (en remplacement du format TIFF) et, d'autre part, une version appelée « optimisé » du format JPEG2000 en diffusion (en remplacement du format compressé ECW).

Le présent chapitre constitue le descriptif de l'implémentation du format JPEG2000 pour la diffusion de produits d'« imagerie numérique » de l'IGN.

Ce descriptif technique est applicable aux ressources de l'IGN diffusées au format JPEG2000, standard ou optimisé :

- produits ORTHO ;
- SCAN IGN.

Par souci de clarté, ce descriptif technique JPEG2000 est organisé en trois parties :

- les caractéristiques de base du format JPEG2000 ;
- le géoréférencement : implémentation de géoréférencement d'image au format JPEG2000, sur la base du mécanisme GeoJP2<sup>TM</sup> ;
- le paramétrage de l'outil utilisé pour la compression JPEG2000 à l'IGN : **Kakadu**, notamment la mise en œuvre du profil 1<sup>2</sup>.

## 2.2 Caractéristiques du format JPEG2000

### 2.2.1 Définition

Le JPEG2000 (développé par le Joint Photographic Experts Group) est une norme de compression d'images utilisant une transformée en ondelettes. Le JPEG2000 produit des images avec ou sans perte, d'un poids inférieur pour une qualité d'image équivalente. Il permet d'optimiser l'affichage d'un grand nombre de dalles.

Les produits livrés au format JPEG2000 sont générés par la bibliothèque **Kakadu** version 6 ou ultérieure.

L'implémentation du JPEG2000 à l'IGN permet l'intégration des images dans les SIG courants (voir paragraphe **2.2.5 Compatibilité avec les principaux SIG**).

---

<sup>1</sup> La norme de compression JPEG2000 peut être utilisée selon un mode sans perte qui utilise une transformation totalement réversible, et selon un mode avec perte qui utilise une transformation entraînant un minimum de pertes d'information pour des performances de compression nettement accrues. L'IGN a décidé d'utiliser une terminologie propre pour différencier ces 2 modes. Le mode sans perte sera nommé format JPEG2000 version « standard » et le mode avec perte sera nommé format JPEG2000 version « optimisé ». Le format JPEG2000 version « optimisé » de l'IGN se limite à un mode « *near-lossless* » dit sans pertes discernables visuellement. Dans la suite du document, le format JPEG2000 version Standard pourra être évoqué sous la forme simplifiée JPEG2000 Standard, de même la version Optimisée pourra être mentionnée sous la terminologie JPEG2000 Optimisé.

<sup>2</sup> Profil 1, tel que spécifié dans la norme 15444-1. Ce profil est recommandé pour assurer l'interopérabilité et l'exploitation des produits (voir **Annexe 4**). Dans certains cas, le profil 2 peut être utilisé (images particulièrement volumineuses, compatibilité avec les logiciels grand public, ...).

## 2.2.2 Facteur de compression

Le format JPEG2000 version « standard » permet d'obtenir des images de la même qualité que les images au format TIFF avec un gain important en volumétrie. Les rapports obtenus en fonction des produits sont détaillés au paragraphe [2.2.3 Volumétrie](#).

Le format JPEG2000 version « standard » est appliqué aux produits image de l'IGN dont les encodages sont les suivants:

Produit	Encodage
SCAN 25 <sup>®</sup>	24 bits vraies couleurs (RVB)
SCAN 50 <sup>®</sup> Mayotte	
SCAN 100 <sup>®</sup>	
SCAN 500 Guyane	
SCAN 1000 <sup>®</sup>	
SCAN Régional <sup>®</sup>	
SCAN OACI	
SCAN Historique <sup>®</sup>	
BD ORTHO <sup>®</sup>	24 bits proche Infra-Rouge fausses Couleurs (IRC)
BD ORTHO <sup>®</sup> Historique	8 bits niveaux de gris

Le format JPEG2000 version « optimisé » est obtenu avec un facteur de compression nominal de 20 pour les images codées en 24 bits. Le facteur réel de compression peut toutefois varier selon le type d'image et le type de produit raster diffusé tout en restant raisonnable. Là encore, les volumes estimatifs obtenus sont détaillés au paragraphe [2.2.3 Volumétrie](#).

Le format JPEG2000 version « optimisé » est appliqué aux produits image de l'IGN dont les encodages sont les suivants:

Produit	Encodage
BD ORTHO <sup>®</sup>	24 bits vraies couleurs (RVB)
	24 bits proche Infra-Rouge fausses Couleurs (IRC)
BD ORTHO <sup>®</sup> Historique	8 bits niveaux de gris

Le facteur de compression est choisi pour qu'aucune différence de colorimétrie ne soit perceptible au zoom 1 (c'est-à-dire à l'affichage optimal des données en fonction de leur résolution) entre l'image non compressée et l'image compressée.

La colorimétrie est ainsi globalement conservée avec en particulier l'absence de création d'artefacts colorimétriques, de flou et de perte d'information visible.

Cette compression ne dégrade pas la géométrie.

Le format JPEG2000 n'est pas appliqué au produit BD PARCELLAIRE<sup>®</sup> de l'IGN, dont l'encodage est 1 bit ou image bi-niveaux (*bi-level* en anglais).

Tableau comparatif du rendu des images BD ORTHO<sup>®</sup> RVB en fonction de leur format :

**TIFF non  
compressé**



**ECW – Facteur de  
compression 7**



**JPEG2000  
« standard »**



**JPEG2000  
« optimisé »**



Tableau comparatif du rendu des images BD ORTHO<sup>®</sup> IRC (proche Infra-Rouge fausses Couleurs) en fonction de leur format :

**TIFF non  
compressé**



**JPEG2000  
« standard »**



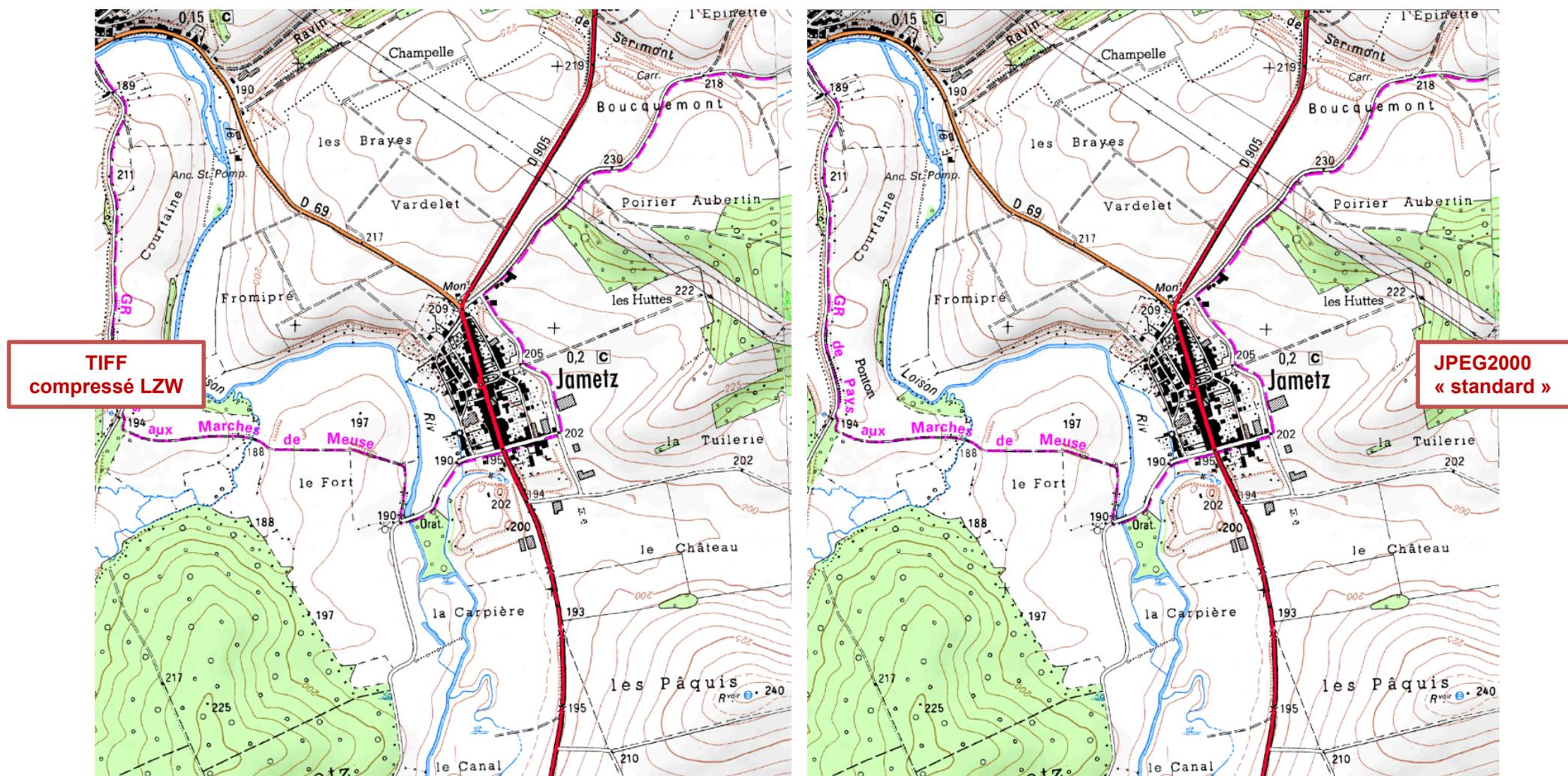
**ECW – Facteur de  
compression 7**



**JPEG2000  
« optimisé »**



Tableau comparatif du rendu des images SCAN25® en fonction de leur format :



### 2.2.3 Volumétrie

Les volumes de la BD ORTHO<sup>®</sup>, indiqués ci-dessous, sont valables pour une résolution de 50 cm pour mettre en évidence le gain de volumétrie entre l'ECW et le JPEG2000 « optimisé ».

À ce jour la résolution de la BD ORTHO<sup>®</sup> est de 20 cm (la taille des dalles est modifiée) et le format ECW n'est plus proposé.

À titre indicatif, les anciens volumes de données approximatifs étaient les suivants :

Produit	Taille d'une dalle	Format	Volume d'un département moyen (6200 km <sup>2</sup> )
BD ORTHO <sup>®</sup>	1 km x 1 km 2000 x 2000 pixels Résolution : 0,5 m par pixel	TIFF RVB ou IRC	79 Go
		JPEG2000 standard	44 Go
	5 km x 5 km 10000 x 10000 pixels Résolution : 0,5 m par pixel	ECW RVB ou IRC	5,1 Go
		JPEG2000 optimisé	4,7 Go
SCAN25 <sup>®</sup>	10 km x 10 km 4000 x 4000 pixels Résolution : 2,5 m par pixel	TIFF compressé LZW	1,8 Go
		JPEG2000 standard	2,1 Go
		ECW	650 Mo
		JPEG2000 optimisé	abandonné

### 2.2.4 Découpage et livraison des données images

Le découpage et la nomenclature des produits images IGN sont décrits dans les descriptifs de contenu et de livraison disponibles sur le site [géoservices](#) de l'IGN, accessible en cliquant sur l'imagette ci-dessous :



.La diffusion au format JPEG2000 apporte quelques particularités qui sont détaillées dans ces descriptifs de livraison (en particulier, la nomenclature des dalles permet de différencier la version « standard » et la version « optimisé » du format JPEG2000).

Les principes de base pour la diffusion du format compressé de la BD ORTHO<sup>®</sup> sont conservés : les dalles de JPEG2000 optimisé sont plus grandes en dimension<sup>3</sup>, celles qui sortent de l'emprise du département seront complétées par les dalles du département voisin.

**NB** : Cette opération ne sera pas réalisée pour les départements livrés à une résolution meilleure que 50 cm, sauf si le département voisin est disponible dans une résolution semblable.

<sup>3</sup> Ce qui n'est plus le cas pour une résolution  $\leq 20$  cm.

## 2.2.5 Compatibilité avec les principaux SIG

Les images JPEG2000 générées avec le logiciel **Kakadu** avec les paramètres préconisés à l'IGN (notamment conformité au profil 1) ont été testées avec les principaux SIG<sup>4</sup>.

L'intégration des données dans diverses plateformes (SIG) a été vérifiée en prenant en compte la compréhension de l'entête de géoréférencement GeoJP2™ contenu dans les images JPEG2000.

Le positionnement correct des images a été vérifié en prenant en compte les fichiers d'accompagnement de géoréférencement *.tfw* et *.tab*. Aucun *plug-in* ou bibliothèque n'a été installé au préalable, les logiciels sont testés dans leur configuration de base.

Logiciel	Version	JPEG2000 seul	JPEG2000 + fichiers annexes
MapInfo™	8.5	X	✓
	11	✓	✓
GéoConcept®	5.6	X	X
	6.5	✓	✓
	7	✓	✓
QGIS	1.7.4	✓	✓
	2.18	✓	✓
Mapserver		✓	✓
ArcGIS®	10	✓	✓
FME®	11	✓	✓
	12	✓	✓
	13	✓	✓
IGNMap	1.1.1	X	✓
	2.0-05092013	✓	✓

✓ : intégration réussie

X : échec en lecture

Ce tableau montre que le format JPEG2000 (avec ou sans fichiers annexes) ne pose aucun problème d'intégration dans les principales plateformes SIG actuelles. D'autre part, ces tests ont montré une amélioration sensible des performances d'affichage et de navigation avec les données JPEG2000 par rapport aux formats TIFF et ECW.

## 2.2.6 Compatibilité avec d'autres drivers JPEG2000.

À l'issue des tests du paragraphe précédent, les images JPEG2000 générées avec le logiciel **Kakadu** avec les paramètres préconisés à l'IGN (notamment conformité au profil 1) ont été confrontées à d'autres bibliothèques permettant la lecture et/ou l'écriture du format JPEG2000.

Les *drivers* testés sont :

- *driver* JP2ECW intégré à GDAL version 1.9.2 ;
- *driver* Jasper 1.900.1 ;
- *driver* OpenJPEG 2.0. ,
- *driver* LizardTech testé avec GeoExpress version 8.5.

Toutes les images générées avec **Kakadu**, quel que soit le couple produit/compression, ont pu être lues et transformées, par ces *drivers*, dans un autre format de manière satisfaisante.

<sup>4</sup> Système d'information géographique

## 2.3 Géoréférencement des images JPEG2000

### 2.3.1 Généralités

Le géo-codage d'une image permet de géo-positionner celle-ci dans un système géographique de référence. Pour permettre la localisation des images IGN dans les systèmes d'information géographique (SIG), les produits « imagerie » diffusés en JPEG2000 contiennent les informations suivantes :

- le système de référence (CRS : Coordinate Reference System en anglais), basé sur un ellipsoïde (GRS80, WGS84, ...), pouvant être en coordonnées géographiques (RGF93, NTF) ou cartographiques (Lambert 93, UTM, ...);
- Le géo-codage défini par :
  - les coordonnées géographiques (en degrés décimaux) ou cartographiques (en mètres) d'un point origine,
  - la taille des pixels dans les 2 dimensions de l'image (communément appelées en X et en Y) (en degrés décimaux ou en mètres selon le type de coordonnées).

Par conséquent, un point de la grille – dans le référentiel image – (n, m), où n et m sont des nombres entiers, correspond aux coordonnées suivantes (dans le système de référence) :

$O + n \cdot P1 + m \cdot P2$ , où O est le vecteur coordonnées du point origine, et P1, P2 les vecteurs offset. Le  $K_{i\text{ème}}$  vecteur offset (dans l'ordre du document GML) correspond au  $K_{i\text{ème}}$  axe de la grille (K=1 ou 2).

En pratique, le géoréférencement peut être inclus dans l'image, plus précisément dans l'entête de l'image, ou peut être défini dans un fichier annexe accompagnant le fichier image (voir les conditions au paragraphe [2.3.3 Mises en œuvre](#)).

### 2.3.2 Système de référence

La documentation du système de référence (CRS), pour la diffusion des produits images standards IGN, prend la forme suivante :

- Code de référence EPSG du système de coordonnées géographiques ou projetées de l'image, tel que spécifié par GeoTIFF et par les standards OGC.

Lorsque que le CRS est identifié par un code EPSG, il est défini par un URN (cf. document de recommandation OGC 06-023r1 - Definition identifier URNs in OGC namespace), par exemple : urn:ogc:def:crs:EPSG::4326 pour WGS84 ou urn:ogc:def:crs:EPSG::2154 pour RGF93 / Lambert-93.

### 2.3.3 Mises en œuvre

Le géoréférencement interne des fichiers images IGN au format JPEG 2000 est mis en œuvre selon les cas suivants :

- implémentation GeoJP2™, par mise en œuvre de boîte de type "UUID" du format JP2, tel qu'indiqué en [Annexe 6](#). L'avantage de cette solution est la présence des informations de CRS et de géocodage dans un fichier unique ;
- fourniture de fichiers externes de géoréférencement (fichiers **.tfw** ou **.tab**), de la même manière que pour les données TIFF actuellement ;
- implémentation GMLJP2, par mise en œuvre des boîtes de type "XML", "label" et "association" du format JPX. Cette mise en œuvre en diffusion se fera sur la base de la spécification de mise en œuvre INSPIRE pour GMLJP2 2.0 lorsqu'elle sera disponible.

# ANNEXE A – ANNEXES DU DOCUMENT

## Annexe 1 - Liste des références

### 1.1 Documents applicables

**[OGC GMLJP2 1.0.0]** GML JPEG 2000 for Geographic Imagery (GMLJP2K) (Réf. OGC 05-047r3)

**[ISO 15444-1]** ISO/CEI 15444-1:2004 JTC1 SC29 Système de codage d'images JPEG 2000 : Système de codage - Noyau

+ [ISO/CEI 15444-1/AC1:2007](#) Rectificatif technique 1 à la norme ISO/CEI 15444-1 de septembre 2004

+ [ISO/CEI 15444-1/AC2:2008](#) Rectificatif technique 2 à la norme ISO/CEI 15444-1 de septembre 2004

**[ISO 15444-2]** ISO/CEI 15444-2:2004 JTC1 SC29 Système de codage d'images JPEG 2000 : Système de codage – Extensions

**[GML3.1.1]** Geography Markup Language (GML v 3.1.1) (mis en œuvre par le standard et les schémas GMLJP2) (OGC 03-105r1)

**[OGC-DP-GC-CRS]** [Grid coverage Coordinate Reference Systems \(CRSs\)](#) (OGC 09-085r2)

"GeoTIFF Box" specification for JPEG 2000 Metadata Avril 2004 (M. Gerlek – LizardTech)  
<http://www.lizardtech.com/download/geo/>

### 1.2 Documents de référence

**[ISO 15444-4]** ISO/CEI 15444-2:2004 JTC1 SC29 Système de codage d'images JPEG 2000 - Tests de conformité

**GeoBase Défense** : Spécification de définition et de format - Réf.: GED-ST-CA-05-SI Ed 2 Rév.1 du 5/07/2010

**[GEOTIFF]** GEOTIFF format specification, Revision 1.0, Specification Version 1.8.2, Last Modified: 28 December, 2000

Schéma du profil GMLJP2 : [gml/3.1.1/profiles/gmlJP2Profile](http://schemas.opengis.net/gml/3.1.1/profiles/gmlJP2Profile) (cf. [http://schemas.opengis.net/gml/3.1.1/profiles/gmlJP2Profile/gmlJP2Profile-1\\_0\\_0.zip](http://schemas.opengis.net/gml/3.1.1/profiles/gmlJP2Profile/gmlJP2Profile-1_0_0.zip))

EPSG Geodetic Parameter Registry <http://www.epsg-registry.org/>, maintenu par Geodesy Subcommittee de l'OGP (International Association of Oil & Gas Producers)

## Annexe 2 - Glossaire

Codestream	Flux codé de données compressées JPEG2000
Compression d'image	Réduction du nombre de bits (de la quantité d'information) utilisés pour représenter des données d'image source (ISO 10918-1 (JPEG Part 1))
Couche '(qualité)'	Collection de données d'image comprimées issue des passes de codage d'un ou de plusieurs blocs codés d'une composante-pavé. Les couches ont un ordre de codage et de décodage qui doit être préservé [ISO 15444-1].
EPSG	European Petroleum Survey Group (maintenant intégré à l'OGP)
Facteur de compression	Rapport attendu entre le volume des données correspondant à l'image source (non compressée) – volume initial - et le volume des données compressées.
Géoréférencement	Processus permettant de déterminer la relation entre la position des données dans les coordonnées de l'image et son emplacement géographique ou cartographique [ISO 19115-2]
GML	Geographic Markup Language : langage dérivé de XML permettant la modélisation, le stockage et l'échange de données géographiques, spécifié par la norme ISO 19136 correspondant à la version 3.2.1 de GML. (Toutefois, dans cette spécification, le schéma d'application GMLJP2 est basé sur GML3.1.1).
GMLJP2	GML in JPEG 2000 for Geographic Imagery (GML dans JPEG 2000 pour l'imagerie géographique)
UUID	Universal Unique Identifier (identifiant universel unique)
URI	Universal Resource Identifier (identifiant universel de ressource)
URN	Universal Resource Name (nom universel de ressource)
XML	eXtended Markup Language (langage de balisage extensible)

## Annexe 3 - Terminologie JPEG2000 FR (extrait de 15444-1 paragraphe 3 - Définitions)

- 3.1**  $\lfloor x \rfloor$ , **fonction plancher (floor function)** : plus grand entier inférieur ou égal à  $x$ .
- 3.2**  $\lceil x \rceil$ , **fonction plafond (ceiling function)** : plus petit entier supérieur ou égal à  $x$ .
- 3.3 filtre réversible 5-3 (reversible filter)** : paire particulière de filtres, utilisée dans la transformation en ondelettes. Cette paire de filtres réversibles possède 5 prises passe-bas et 3 prises passe-haut.
- 3.4 filtre irréversible 9-7 (irreversible filter)** : paire particulière de filtres, utilisée dans la transformation en ondelettes. Cette paire de filtres irréversibles possède 9 prises passe-bas et 7 prises passe-haut.
- 3.5 AND** : opérateur logique binaire ET.
- 3.6 codeur arithmétique (arithmetic codec)** : codeur entropique qui convertit des chaînes de longueur variable en codes de longueur variable (codage) et vice versa (décodage).
- 3.7 canal auxiliaire (auxiliary channel)** : canal qui est utilisé par l'application hors du domaine d'application de la conversion dans l'espace chromatique. Par exemple, un canal d'opacité ou un canal de profondeur sera un canal auxiliaire.
- 3.8 bit** : contraction du terme anglais "binary digit" (chiffre binaire); unité d'information représentée par zéro ou un.
- 3.9 plan binaire (bit plane)** : matrice binaire dimensionnelle. Dans la présente Recommandation | Norme internationale, un plan binaire se rapporte à tous les bits de même poids d'un ensemble de coefficients ou d'échantillons. Il peut s'agir d'un plan binaire dans une composante, une composante-pavé, un bloc codé, une région intéressante, ou autre.
- 3.10 flux binaire (bit stream)** : séquence binaire effective résultant du codage d'une séquence de symboles. Ce flux ne comprend pas les marqueurs ou segments marqueurs contenus dans l'en-tête principal ou l'en-tête des éléments de pavé, ou le marqueur de fin EOC. Il comprend en revanche tout en-tête de paquet et tous marqueurs et segments marqueurs du flux ne se trouvant pas dans l'en-tête principal ou l'en-tête d'élément de pavé.
- 3.11 gros-boutiste (big endian)** : représentation de valeur dans laquelle les éléments binaires se présentent en séquence du poids fort au plus faible poids.
- 3.12 boîte (box)** : partie du format de fichier définie par une longueur et par un type de boîte unique. Les boîtes de certains types peuvent contenir d'autres boîtes.
- 3.13 contenu de boîte (box contents)** : données enveloppées dans la structure de boîte. Le contenu d'une boîte particulière est mémorisé dans le champ DBox dans la structure de boîte de données.
- 3.14 type de boîte (box type)** : spécifie la sorte d'information qui doit être mémorisée avec la boîte. Le type d'une boîte particulière est mémorisé dans le champ TBox dans la structure de boîte de données.
- 3.15 octet (byte)** : huit bits.
- 3.16 canal (channel)** : composante logique de l'image. Un canal peut être une représentation directe d'une composante extraite du flux codé, ou peut être produit par l'application d'une palette à une composante extraite du flux codé.
- 3.17 passe de nettoyage (cleanup pass)** : passe de codage effectuée sur un même plan binaire d'un bloc codé de coefficients. La première et unique passe de codage pour le premier plan binaire significatif est une passe de nettoyage; la troisième et dernière passe de chaque plan binaire restant est une passe de nettoyage.
- 3.18 flux codé (codestream)** : ensemble d'un ou de plusieurs flux binaires avec l'en-tête principal, les en-têtes d'éléments de pavé et le marqueur de fin EOC requis pour leur décodage et leur expansion en données d'image. Il s'agit des données d'image sous forme comprimée avec toute la signalisation nécessaire au décodage.
- 3.19 bloc codé (code block)** : groupement rectangulaire des coefficients issus de la même sous-bande d'une composante-pavé.
- 3.20 exploration d'un bloc codé (code block scan)** : ordre dans lequel les coefficients contenus dans un bloc codé sont visités pendant une passe de codage. Le bloc codé est traité par zones, consistant chacune de quatre rangées (ou de toutes les rangées restantes s'il y en a moins de quatre) et couvrant la largeur du bloc codé. Chaque zone est traitée colonne par colonne de haut en bas et de gauche à droite.
- 3.21 codeur (coder)** : matérialisation d'un procédé de codage ou de décodage.
- 3.22 passe de codage (coding pass)** : passe complète par un bloc codé dans laquelle les valeurs de coefficient et le contexte approprié sont appliqués. Il y a trois types de passes de codage: passe de propagation de signification, passe de raffinement de grandeur et passe de nettoyage. Le résultat de chaque passe (après codage arithmétique, si l'évitement sélectif du codage arithmétique n'est pas utilisé) est un flux de données d'image comprimées.

- 3.23 coefficient:** valeur qui résulte d'une transformation.
- 3.24 canal de couleur (*colour channel*):** canal qui fonctionne comme entrée dans un système de transformation de couleur. Par exemple, un canal de rouge ou un canal d'échelle de gris sera un canal de couleur.
- 3.25 composante (*component*):** matrice bidimensionnelle d'échantillons. Une image se compose normalement de plusieurs composantes, par exemple la rouge, la verte et la bleue.
- 3.26 données d'image comprimées (*compressed image data*):** tout ou partie d'un flux codé. Peut également se rapporter à un ensemble de flux binaires dans tout ou partie d'un flux codé.
- 3.27 lecteur conforme (*conforming reader*):** application qui lit et interprète correctement un fichier JP2.
- 3.28 contexte (*context*):** fonction de coefficients déjà décodés, utilisée pour conditionner le décodage du coefficient en cours de traitement.
- 3.29 étiquette de contexte (*context label*):** index arbitraire utilisé pour distinguer différentes valeurs contextuelles. Les étiquettes sont utilisées par commodité de notation plutôt que par notation normative.
- 3.30 vecteur de contexte (*context vector*):** vecteur binaire composé des états de signification des coefficients inclus dans un contexte.
- 3.31 décodeur (*decoder*):** matérialisation d'un processus de décodage et, facultativement, d'un processus de transformation de couleur.
- 3.32 processus de décodage (*decoding process*):** processus qui reçoit en entrée tout ou partie d'un flux codé et génère en sortie tout ou partie d'une image reconstruite.
- 3.33 niveau de décomposition (*decomposition level*):** collection de sous-bandes d'ondelettes où tous les coefficients possèdent le même impact spatial ou la même portée par rapport aux échantillons de la composante source. Ces collections comprennent toutes les sous-bandes HL, LH et HH de la même décomposition bidimensionnelle en sous-bandes. Pour le dernier niveau de décomposition, la sous-bande LL est également incluse.
- 3.34 marqueurs et segments marqueurs délimitants (*delimiting markers and marker segments*):** marqueurs et segments marqueurs qui donnent des informations sur les points de début et de fin de structures contenues dans le flux codé.
- 3.35 transformation en ondelettes discrètes (*DWT, discrete wavelet transformation*):** transformation qui convertit itérativement un signal en deux ou plusieurs signaux filtrés et échantillonnés correspondant à différentes bandes de fréquences. Cette transformation opère sur des échantillons spatialement discrets.
- 3.36 codeur (*encoder*):** matérialisation d'un processus de codage.
- 3.37 processus de codage (*encoding process*):** processus qui reçoit en entrée tout ou partie des données d'image de source et qui génère en sortie un flux codé.
- 3.38 format de fichier (*file format*):** informations de flux codé et données supports additionnelles non explicitement requises pour le décodage d'un flux codé. Comme exemple de données supports, on peut citer les champs de texte fournissant les informations de titrage, de sécurité et d'historique, les données déterminant le placement de multiples flux codés dans un fichier de données, et les données de prise en charge de l'échange entre plates-formes ou de la conversion en d'autres formats de fichier.
- 3.39 marqueurs d'information fixe et segments marqueurs d'information fixe (*fixed information markers and fixed information marker segments*):** marqueurs et segments marqueurs qui donnent des informations sur l'image originale.
- 3.40 marqueurs fonctionnels et segments marqueurs fonctionnels (*functional markers and functional marker segments*):** marqueurs et segments marqueurs qui donnent des informations sur les procédures de codage.
- 3.41 résolution de grille (*grid resolution*):** résolution spatiale de la grille de référence, spécifiant la distance entre points voisins sur la grille de référence.
- 3.42 bits de garde (*guard bits*):** bits de plus fort poids additionnels qui ont été ajoutés aux données d'échantillon.
- 3.43 en-tête (*header*):** partie du flux codé qui contient seulement des marqueurs et des segments marqueurs (en-tête principal et en-tête de pavé) ou partie de signalisation d'un paquet (en-tête de paquet).
- 3.44 sous-bande HH (*HH sub-band*):** sous-bande obtenue par filtrages passe-haut horizontal et vertical directs. Cette sous-bande contribue à la reconstruction par filtrages passe-haut vertical et horizontal inverses.
- 3.45 sous-bande HL (*HL sub-band*):** sous-bande obtenue par filtrages passe-haut horizontal et passe-bas vertical directs. Cette sous-bande contribue à la reconstruction par filtrages passe-bas vertical et passe-haut horizontal inverses.
- 3.46 image:** ensemble de toutes les composantes.

**3.47 zone d'image (*image area*):** partie rectangulaire de la grille de référence, enregistrée par décalages par rapport à l'origine et l'étendue de la grille de référence.

**3.48 décalage de zone d'image (*image area offset*):** nombre de points de grille de référence vers le bas et vers la droite de l'origine de la grille de référence, où l'origine de la zone d'image peut être trouvée.

**3.49 données d'image (*image data*):** échantillons de composantes constituant une image. Les données d'image peuvent désigner les données d'image de source ou les données d'image reconstituées.

**3.50 marqueurs et segments marqueurs dans le flux binaire (*in-bit-stream markers and in-bit-stream marker segments*):** marqueurs et segments marqueurs qui offrent la capacité d'élasticité aux erreurs.

**3.51 marqueurs informationnels et segments marqueurs informationnels (*informational markers and informational marker segments*):** marqueurs et segments marqueurs qui donnent des informations auxiliaires.

**3.52 irréversible (*irreversible*):** transformation, progression, système, quantification, ou autre processus qui, en raison d'une erreur systémique ou de quantification, interdit le rétablissement sans perte. Un processus irréversible ne peut conduire qu'à une compression avec perte.

**3.53 fichier JP2 (*JP2 file*):** nom d'un fichier dans le format de fichier décrit dans la présente Recommandation | Norme internationale. Structurellement, un fichier JP2 est une séquence contiguë de boîtes.

**3.54 JPEG:** terme utilisé comme référence mondiale aux processus de codage et décodage dans les Recommandations | Normes internationales suivantes:

– Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1, Technologies de l'information – Compression numérique et codage des images fixes de nature photographique: prescriptions et lignes directrices;

– Rec. UIT-T T.83 | ISO/CEI 10918-2, Technologies de l'information – Compression et codage numériques des images fixes à modelé continu: tests de conformité;

– Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3, Technologies de l'information – Compression et codage numériques des images fixes à modelé continu: extensions;

– Rec. UIT-T T.84/Amd.1 | ISO/CEI 10918-3/Amd.1, Technologies de l'information – Compression et codage numériques des images fixes à modelé continu: Extensions – Amendement 1: Dispositions visant à permettre l'enregistrement de nouveaux types de compression et de nouvelles versions dans l'en-tête du format SPIFF;

– Rec. UIT-T T.86 | ISO/CEI 10918-4, Technologies de l'information – Compression numérique et codage des images fixes à modelé continu: enregistrement des profils JPEG, des profils SPIFF, des étiquettes SPIFF, des espaces chromatiques SPIFF, des marqueurs APPn, des types de compression SPIFF et des organismes d'enregistrement (REGAUT).

**3.55 JPEG 2000:** terme utilisé comme référence mondiale aux processus de codage et de décodage dans la présente Recommandation | Norme internationale et dans leur matérialisation en applications.

**3.56 sous-bande LH (*LH sub-band*):** sous-bande obtenue par filtrages passe-bas horizontal et passe-haut vertical directs. Cette sous-bande contribue à la reconstruction par filtrages passe-haut vertical et passe-bas horizontal inverses.

**3.57 sous-bande LL (*LL sub-band*):** sous-bande obtenue par filtrages passe-bas horizontal et vertical directs. Cette sous-bande contribue à la reconstruction par filtrages passe-bas vertical et horizontal inverses.

**3.58 couche (*layer*):** collection de données d'image comprimées issue des passes de codage d'un ou de plusieurs blocs codés d'une composante-pavé. Les couches ont un ordre de codage et de décodage qui doit être préservé.

**3.59 sans perte (*lossless*):** terme qualifiant l'effet de processus globaux de codage et de décodage dans lesquels la sortie du processus de décodage est identique à l'entrée du processus de codage. Un rétablissement sans distorsion peut être assuré. Tous les processus ou toutes les étapes de codage utilisés pour le codage et le décodage sont alors réversibles.

**3.60 avec perte (*lossy*):** terme qualifiant l'effet de processus globaux de codage et de décodage dans lesquels la sortie du processus de décodage n'est pas identique à l'entrée du processus de codage. Il y a distorsion (mesurée mathématiquement). Au moins un des processus ou étapes de codage ou de décodage est alors irréversible.

**3.61 passe de raffinement de grandeur (*magnitude refinement pass*):** type de passe de codage.

**3.62 en-tête principal (*main header*):** groupe de marqueurs et de segments marqueurs au début du flux codé qui décrit les paramètres d'image et de codage qui peuvent s'appliquer à chaque pavé et composante-pavé.

**3.63 marqueur (*marker*):** code de deux octets dans lequel le premier octet est le nombre hexadécimal FF (0xFF) et où le second octet est une valeur comprise entre 1 (0x01) et le nombre hexadécimal FE (0xFE).

- 3.64 segment marqueur (*marker segment*):** marqueur et son ensemble de paramètres (non vide) associé.
- 3.65 mod:** opérateur de congruence, tel que si  $\text{mod}(y,x) = z$ , alors  $0 \leq z < x$  et  $y-z$  est un multiple de  $x$ .
- 3.66 paquet (*packet*):** partie du flux codé composé d'un en-tête de paquet et des données d'image comprimées issus d'une seule couche d'un district d'un même niveau de résolution d'une composante-pavé.
- 3.67 en-tête de paquet (*packet header*):** portion du paquet qui contient la signalisation nécessaire pour le décodage de ce paquet.
- 3.68 marqueurs de pointage et segments marqueurs de pointage (*pointer markers and pointer marker segments*):** marqueurs et segments marqueurs qui donnent des informations sur l'emplacement de structures contenues dans le flux codé.
- 3.69 district (*precinct*):** région rectangulaire d'une composante-pavé transformée, dans chaque niveau de résolution, utilisée pour limiter la taille de paquets.
- 3.70 précision (*precision*):** nombre de bits alloués à un échantillon, à un coefficient, ou à une autre représentation numérique binaire.
- 3.71 progression (*progression*):** ordonnancement d'un flux codé où le décodage de chaque bit successif contribue à une "meilleure" reconstruction de l'image. La mesure qui rend compte de "l'amélioration" de la reconstruction est fonction de l'application. Exemples de progressivité: résolution croissante ou meilleure fidélité d'échantillon.
- 3.72 quantification (*quantization*):** méthode de réduction de la précision de différents coefficients visant à réduire le nombre de bits utilisés pour les représenter. La quantification équivaut à une division lors de la compression et à une multiplication lors de la décompression. La quantification peut être réalisée par une opération explicite avec une valeur de quantification donnée ou par omission (troncature) de passes de codage dans le flux codé.
- 3.73 ordre de balayage (*raster order*):** ordre séquentiel particulier de données d'un type quelconque dans une matrice. L'ordre de balayage commence au coin gauche supérieur des données et se déplace vers le point de données situé immédiatement à droite et ainsi de suite jusqu'à la fin de la rangée. Une fois que la fin de la rangée est atteinte, le prochain point de données dans la séquence est celui qui est situé le plus à gauche immédiatement au-dessous de la rangée actuelle. Cet ordre est suivi jusqu'à la fin de la matrice.
- 3.74 image reconstruite (*reconstructed image*):** image générée à la sortie d'un décodeur.
- 3.75 échantillon reconstruit (*reconstructed sample*):** échantillon reconstruit par le décodeur. Il est toujours égal à la valeur originale de l'échantillon en codage sans perte mais peut différer par rapport à cette valeur en codage avec perte.
- 3.76 grille de référence (*reference grid*):** matrice rectangulaire régulière de points, utilisée pour définir d'autres matrices rectangulaires de données. Exemples: composantes et pavés.
- 3.77 pavé de référence (*reference tile*):** sous-grille rectangulaire de dimensions quelconques associée à la grille de référence.
- 3.78 région intéressante (ROI, *region of interest*):** ensemble des coefficients considérés comme ayant un intérêt particulier du point de vue d'une mesure définie par l'utilisateur.
- 3.79 niveau de résolution (*resolution level*):** équivalent au niveau de décomposition avec une seule exception: la sous-bande LL est également un niveau de résolution séparé.
- 3.80 réversible (*reversible*):** transformation, progression, système, ou autre processus qui n'admet pas d'erreur systémique ou de quantification et qui permet donc un rétablissement sans perte du signal.
- 3.81 échantillon (*sample*):** élément de la matrice bidimensionnelle constitutive d'une composante.
- 3.82 symbole de segmentation (*segmentation symbol*):** symbole spécial codé avec un contexte uniforme à la fin de chaque passe de codage afin d'assurer l'élasticité aux erreurs.
- 3.83 évitement sélectif du codage arithmétique (*selective arithmetic coding bypass*):** style de codage où certaines des passes de bloc codé ne sont pas codées par le codeur arithmétique, et où les bits à coder sont adjoints directement au flux binaire sans codage.
- 3.84 décalage (*shift*):** multiplication ou division d'un nombre par des puissances de deux.
- 3.85 bit de signe (*sign bit*):** bit qui indique si un nombre est positif (valeur 0) ou négatif (valeur 1).
- 3.86 notation en signe-magnitude (*sign-magnitude notation*):** représentation binaire d'un entier utilisant la valeur absolue (positive) de l'entier et un seul bit de signe distinct.
- 3.87 passe de propagation de signification (*significance propagation pass*):** passe de codage effectuée sur un même plan binaire d'un bloc codé de coefficients.
- 3.88 état de signification (*significance state*):** état d'un coefficient dans un plan binaire particulier. Si un coefficient, en notation en signe-magnitude, a son premier bit 1 de grandeur dans ou avant le plan binaire en cause, ce coefficient est considéré comme "significatif". Sinon, il est considéré comme "non significatif".

- 3.89 image source (*source image*):** image utilisée comme entrée dans un codeur.
- 3.90 sous-bande (*sub-band*):** groupe de coefficients de transformée résultant de la même séquence d'opérations de filtrage passe-bas et passe-haut, aussi bien verticalement qu'horizontalement.
- 3.91 coefficient de sous-bande (*sub-band coefficient*):** coefficient de transformée dans une sous-bande donnée.
- 3.92 décomposition en sous-bandes (*sub-band decomposition*):** transformation d'une composante-pavé d'image en sous-bandes.
- 3.93 superboîte (*superbox*):** boîte qui elle-même contient une séquence contiguë de boîtes (et une seule séquence contiguë de boîtes). Comme le fichier JP2 contient une seule séquence contiguë de boîtes, le fichier JP2 est lui-même considéré comme une superboîte. Lorsqu'il est utilisé comme partie d'une relation entre deux boîtes, le terme *superboîte* se rapporte à la boîte qui contient directement l'autre boîte.
- 3.94 pavé (*tile*):** matrice rectangulaire de points sur la grille de référence, repérée par un décalage par rapport à l'origine de la grille de référence et définie par une largeur et une hauteur. Les pavés qui se chevauchent sont utilisés pour définir des composantes-pavés.
- 3.95 composante-pavé (*tile-component*):** tous les échantillons d'une composante donnée dans un pavé.
- 3.96 index de pavé (*tile index*):** index du pavé actuel allant de zéro jusqu'au nombre de pavés moins un.
- 3.97 partie de pavé (*tile-part*):** partie du flux codé avec des données d'image comprimées pour tout ou partie d'un pavé. Une partie de pavé comporte un ou plusieurs paquets qui constituent le pavé codé.
- 3.98 en-tête de partie de pavé (*tile-part header*):** groupe de marqueurs et de segments marqueurs situé au début de chaque partie de pavé du flux codé et qui décrivent les paramètres de codage de la partie de pavé.
- 3.99 index de partie de pavé (*tile-part index*):** index de la partie de pavé actuel allant de zéro jusqu'au nombre de parties de pavé moins un dans un pavé donné.
- 3.100 transformation:** application mathématique d'un espace de signal à un autre.
- 3.101 coefficient de transformée (*transform coefficient*):** valeur qui est le résultat d'une transformation.
- 3.102 XOR:** opérateur logique "OU" exclusif.

## Annexe 4- JPEG2000 : Paramétrage et mise en œuvre

### 4.1 Compression

#### 4.1.1 Compression sans perte

Pour la compression sans perte, le paramétrage s'effectue de la manière suivante avec **Kakadu** :

**Paramètres** : - « Creversible=yes »,  
- « -rate - ».

L'option « Creversible=yes » implique l'utilisation du filtre réversible W5X3.

#### 4.1.2 Compression avec perte

Pour la compression avec perte, l'IGN utilise un facteur de compression égal à 20.

Le paramétrage s'effectue de la manière suivante avec **Kakadu** :

**Paramètres** : - « -rate 1.2 ».

La valeur 1,2 associée au paramètre « -rate » correspond à l'application d'un facteur de compression 20 à des images 24 bits.

L'option par défaut « Creversible=no » implique l'utilisation du filtre irréversible W9X7.

Remarque : La transformation colorimétrique YCC, réglée par le paramètre Cycc, est obligatoire pour la transformée irréversible avec perte (« Cycc=yes »).

### 4.2 Profil 1

Le profil 1, choisi par l'IGN, apporte quelques restrictions mineures mais assure l'interopérabilité et l'exploitation des produits images. Voici les caractéristiques principales du profil-1 JPEG2000 :

- dimensions de l'image, largeur et hauteur  $\leq 2^{31} = 2\,147\,483\,648$  pixels (au lieu de  $2^{32}$ ),
- dimensions de tuile, largeur et hauteur  $\leq 1024$  ou une tuile pour toute l'image (pas de tuilage),
- origines de l'image et des tuiles  $\leq 2^{31}$ ,
- taille du *codeblock* (bloc codé)  $\leq 2^6 \times 2^6 = (64 \times 64)$  pixels ; taille recommandée par **Kakadu**,
- nombre de niveau de décomposition en ondelettes valant au moins :
  - 3 pour des données tuilées 1024x1024,
  - $\text{Max}\{\log_2(\text{largeur tuile}/128), \log_2(\text{hauteur tuile}/128)\}$ , où tuile est à remplacer par l'image si il n'y a pas de tuilage.

Remarque : Pour assurer la conformité avec le profil 1, l'option Sprofile=PROFILE1 devra être utilisée. En effet, dans le cas contraire, **Kakadu** fonctionne en profil 2<sup>5</sup> par défaut, avec le risque d'avoir un paramétrage sortant du Profil 1 (voir [Annexe 5](#)).

### 4.3 Tuilage

Lorsque le tuilage est mis en œuvre pour les produits images IGN, les dimensions des tuiles (correspondant aux éléments XTsiz et YTsiz du flux codé) valent 1024. Sinon, ces éléments sont égaux aux dimensions (largeur/hauteur) de l'image.

Le paramétrage s'effectue de la manière suivante avec **Kdu\_compress**, Stiles={1024,1024}.

---

<sup>5</sup> Dans certains cas, le profil 2 peut être utilisé (images particulièrement volumineuses, compatibilité avec les logiciels grand public, ...).

## 4.4 Precincts

Il est recommandé d'utiliser les *precincts* (que ce soit pour des images de taille moyenne ou grande) avec des dimensions de *precincts* "modérées" :  $C_{precincts}=\{256,256\}$  ou  $C_{precincts}=\{128,128\}$ .

Le *precinct* améliore les performances de compression / décompression JPEG2000.

Le paramétrage s'effectue avec **Kakadu**, par :

- $C_{precincts}=\{256,256\}$  pour données volumineuses ou
- $C_{precincts}=\{128,128\}$  pour toute autre donnée.

Le paramétrage choisi par l'IGN est  $C_{precincts}=\{256,256\},\{256,256\},\{128,128\}$ . Les 2 premières accolades définissent la taille des *precincts* pour les 2 couches les plus résolues, la dernière accolade définit la taille des *precincts* pour les couches suivantes.

## 4.5 Codeblock

L'utilisation de *codeblock* 64x64 est la solution mise en place à l'IGN pour tous les produits images à l'exception des produits historiques dont le *codeblock* sera 32x32, autre paramétrage de *codeblock* également recommandé et acceptable même pour de grandes images. Le paramétrage s'effectue de la manière suivante avec **Kdu\_compress** : -  $C_{blk}=\{64,64\}$  (valeur par défaut)

-  $C_{blk}=\{32,32\}$  pour les produits historiques.

## 4.6 Nombre de niveaux de décomposition

Le nombre de niveaux de décompositions en ondelettes doit valoir au moins (conformité au Profil 1) :

- 3 pour des données tuilées 1024x1024
- $\text{Max}\{\log_2(\text{largeur tuile}/128), \log_2(\text{hauteur tuile}/128)\}$ , où tuile est à remplacer par image si absence de tuilage.

Ce nombre est donc à déterminer en fonction de la taille de l'image.

Le paramétrage s'effectue avec **Kakadu**, de la manière suivante :

- $C_{levels}=n$

Pour ses produits, l'IGN a choisi un nombre de « *levels* » égal à 7 ou à 8 selon la taille de l'image (plus précisément dès que l'une des 2 dimensions dépasse 16384 pixels).

## 4.7 Nombre de couches qualité

Les couches permettent d'améliorer l'affichage progressif de l'image, principalement dans le cas d'images volumineuses et/ou transmises par réseau.

Un nombre de 5 couches suffit à fluidifier l'affichage dans la majorité des cas. Cependant pour des images très volumineuses et des connexions réseau lentes, ce nombre de couches qualité peut être supérieur. 12 couches apparaissent suffisantes pour des images volumineuses et pour des facteurs de compression entre 10 et 30.

La recommandation est d'utiliser entre 5 et 15 couches ; elle est confortée par les choix de l'US NGA. L'IGN a choisi un nombre de couches égal à 12 pour un bon rapport ressources nécessaires à la compression/gain à l'affichage.

Le paramétrage s'effectue avec **Kakadu** de la manière suivante :

- $C_{layers}=12$

## 4.8 Ordre de progression du codestream

L'ordre d'écriture du flux codé est choisi parmi : RPCL, RLCP, LRCP. L'option recommandée et choisie par l'IGN est RPCL. Elle accélère les accès lors de la navigation et des zooms aux niveaux basses résolutions.

Le paramétrage s'effectue avec **Kakadu**, de la manière suivante :

- Corder=RPCL (ou RLCP ou LRCP).

## 4.9 Marqueurs

L'utilisation de certains segments marqueurs est recommandée afin d'améliorer les performances de visualisation lors de la navigation dans l'image :

- Le marqueur PLT (Packet Length Tile Header) facilite l'accès aléatoire à la donnée dans un flux JPEG 2000. Il permet d'améliorer les performances de visualisation de données volumineuses en local ou en accès réseau avec le protocole JPIP en indiquant la longueur des paquets en début de chaque tuile. Ce marqueur est recommandé dans les exemples **Kakadu** pour une utilisation JPIP avec **Kdu\_server** pour des images de dimension supérieure à 2000x2000 pixels, et mis en œuvre dans des produits raster JPEG2000 de l'US NGA.

La mise en œuvre à l'IGN s'effectue avec **Kakadu** de la manière suivante :

- ORGgen\_plt=yes.
- (en cas de tuilage) Le marqueur TLM (Tile-part Lengths Marker) donne les informations de longueur des parties de tuile. En effet les tuiles peuvent être segmentées en plusieurs parties. Si cette segmentation n'est pas réalisée, les informations concernent alors la tuile elle-même. Son utilisation permet une navigation plus rapide du flux codé. Elle est mise en œuvre dans des produits raster JPEG2000 de l'US NGA. La mise en œuvre du tuilage JPEG2000 s'effectue avec **Kakadu** de la manière suivante :
  - ORGgen\_tlm=n, n >= 255.

De plus, **Kakadu** propose l'option d'ordonnement ORGtparts qui contrôle la répartition des paquets de chaque tuile en portion de tuile. L'implémentation IGN, en cas de tuilage, s'effectue de la manière suivante :

- ORGtparts=R (optimise l'ordonnement par niveau de résolution).

De manière optionnelle, pour faciliter la diffusion des produits IGN sur des liaisons bas débit, les marqueurs suivants sont mis en œuvre :

- SOP (Start Of Packet), qui peut être inséré en début de chaque paquet afin de permettre une meilleure synchronisation du flux,
- EPH (End of Packet Header), facilite l'accès aléatoire ainsi que la détection des erreurs dans le flux.

## 4.10 Exemples pratiques

Dans les exemples ci-dessous, **input.tif** est l'image de départ et **output.jp2** est l'image obtenue en JPEG2000. Ces lignes de commande sont fournies à titre indicatif et ne concernent que **Kakadu**. Selon les produits en entrée et ceux souhaités en sortie, les options peuvent être modifiées.

Ci-dessous, les lignes de commandes de conversion d'une image GeoTIFF vers le JPEG2000 avec géoréférencement GeoJP2™ :

### 4.10.1 JPEG2000 « standard »

```
kdu_compress -i input.tif -o output.jp2 -rate - Clevels=8 Clayers=12 Creversible=yes Cprecincts={256,256},{256,256},{128,128} Corder=RPCL Sprofile=PROFILE1
```

### 4.10.2 JPEG2000 « optimisé » (facteur de compression 20)

```
kdu_compress -i input.tif -o output.jp2 -rate 1.2 Clevels=8 Clayers=12 Cycc=yes Creversible=no Cprecincts={256,256},{256,256},{128,128} Corder=RPCL ORGgen_plt=yes ORGtparts=R Sprofile=PROFILE1
```

## Annexe 5 - Exigences du profil 1 JPEG 2000 (ISO/IEC 15444-1)

**NB** : Pour les notations, se référer à la norme 15444-1. Ici, pavé = traduction française de *tile*, soit tuile, et *district* = traduction de *precinct*.

Restrictions	Profil-0	Profil-1
<b>Segment marqueur SIZ</b>		
Indication de profil	$R_{siz} = 1$	$R_{siz} = 2$
Dimensions d'image	$X_{siz}, Y_{siz} < 2^{31}$	$X_{siz}, Y_{siz} < 2^{31}$
Pavés	Pavés de dimensions $128 \times 128$ : $Y_{T_{siz}} = X_{T_{siz}} = 128$ ou un pavé pour l'image entière: $Y_{T_{siz}} + Y_{O_{siz}} \geq Y_{siz}$ $X_{T_{siz}} + X_{O_{siz}} \geq X_{siz}$	$X_{T_{siz}} / \min(X_{R_{siz}}, Y_{R_{siz}}) \geq 1024$ $X_{T_{siz}} = Y_{T_{siz}}$ ou un pavé pour l'image entière: $Y_{T_{siz}} + Y_{O_{siz}} \geq Y_{siz}$ $X_{T_{siz}} + X_{O_{siz}} \geq X_{siz}$
Origine d'image et de pavé	$X_{O_{siz}} = Y_{O_{siz}} = X_{T_{O_{siz}}} = Y_{T_{O_{siz}}} = 0$	$X_{O_{siz}}, Y_{O_{siz}}, X_{T_{O_{siz}}}, Y_{T_{O_{siz}}} < 2^{31}$
Segment marqueur RGN	$SP_{prn} \leq 37$	$SP_{prn} \leq 37$
Sous-échantillonnage	$X_{R_{siz}^i} = 1, 2, \text{ ou } 4$ $Y_{R_{siz}^i} = 1, 2, \text{ ou } 4$	Absence de restriction
<b>Blocs codés</b>		
Longueur de bloc codé	$xc_b = yc_b = 5$ ou $xc_b = yc_b = 6$	$xc_b \leq 6, yc_b \leq 6$
Style de bloc codé	$SP_{cod}, SP_{coc} = 00sp$ vtra où $a = r = v = 0$ , et $t, p, s = 0$ ou $1$ NOTE 1 – $t = 1$ pour terminaison à chaque passe de codage, $p = 1$ pour terminaison prédictive, $s = 1$ pour symboles de segmentation	Absence de restriction
<b>Emplacements de marqueur</b>		
En-têtes compacts (PPM, PPT)	Interdits	Absence de restriction
COD, COC, QCD, QCC	En-tête principal seulement	Absence de restriction
<b>Exigences de sous-ensemble</b>		
Résolution LL	Si un pavé est utilisé pour l'image entière, $(X_{siz} - X_{O_{siz}}) / D(I) \leq 128$ et $(Y_{siz} - Y_{O_{siz}}) / D(I) \leq 128$ où $D(I) = 2^{\text{nombre\_de\_niveaux\_de\_décomposition}}$ dans $SP_{cod}$ ou $SP_{coc}$ , pour $I = \text{composante } 0 \text{ à } 3$	Pour chaque pavé dans l'image, $\lfloor x1 / D(i) \rfloor - \lfloor tx0 / D(i) \rfloor \leq 128$ et $\lfloor ty1 / D(i) \rfloor - \lfloor ty0 / D(i) \rfloor \leq 128$ où $D(I) = 2^{\text{nombre\_de\_niveaux\_de\_décomposition}}$ dans $SP_{cod}$ ou $SP_{coc}$ , pour $I = \text{composante } 0 \text{ à } 3$ . NOTE 2 – $tx0, tx1, ty0$ et $ty1$ sont comme définis par les équations (B-7) à (B-10).
Analysabilité	Si le marqueur POC est présent, le marqueur POC doit avoir $RS_{POC0} = 0$ et $CS_{POC0} = 0$ . NOTE 3 – Certains décodeurs conformes peuvent ne décoder que les paquets associés à la première progression.	Absence de restriction
Éléments de pavé	Éléments de pavé avec $TP_{sot} = 0$ dans chaque pavé avant d'éventuels éléments de pavé avec $TP_{sot} > 0$ . Éléments de pavé avec $Isot = 0$ à $Isot = \text{number\_of\_tiles} - 1$ , dans l'ordre séquentiel pour tous les éléments de pavé avec $TP_{sot} = 0$	Absence de restriction
Dimensions de district	Les "dimensions de district" définies par $SP_{cod}$ ou par $SP_{coc}$ (Tableau A.15 et A.21) doivent toujours être assez grandes pour qu'il y ait un seul district à tous les niveaux de résolution ayant des dimensions inférieures ou égales à $128$ par $128$ . NOTE 4 – Les dimensions de district $PP_x \geq 7$ et $PP_y \geq 7$ sont suffisantes pour garantir un seul district par sous-bande lorsque $X_{O_{siz}} = 0$ et $Y_{O_{siz}} = 0$ .	Absence de restriction

**Tableau 1 : Restrictions du flux codé (tableau A.45 de ISO/CEI 15444-1)**

## Annexe 6 - Exigences de conformité géoréférencement imagerie

### Exigence 1

Les informations de géoréférencement interne au fichier JPEG2000 doivent être présentes :

- au format GeoJP2™, par mise en œuvre de boîte de type "UUID" du format JP2 (de manière obligatoire en archivage, et optionnelle en diffusion) ;
- au format GMLJP2, par mise en œuvre des boîtes de type "XML", "label" et "association" du format JPX - soit dans les deux formats précédents. (Il s'agit de l'option choisie par la Commission des Produits), de manière optionnelle en diffusion. Cette option ne sera mise en œuvre que lorsque la spécification INSPIRE de mise en œuvre GMLJP2 sera disponible.

### Exigence 2

Dans le cas où les métadonnées de géoréférencement sont fournies dans les deux formats GeoJP2™ et GMLJP2, elles doivent être cohérentes.

### Exigence 3

Format de fichier image : présence minimale des boîtes du format JP2.

obligatoires : "jP", "ftyp", "jp2h", "ihdr", "colr" et "jp2c"

optionnelles : "bpcc", "cdef", "res", "resc" et "resd"

paramètre BR de la boîte ftyp vaut 'jpx\040'

MinV (Minor version of the ISO-15444-1 specification): 0

compatibility list (CL) : 'jp2\040' ou 'jpx\040' (dépend de l'utilisation de l'opacité ou non) et 'J2P1' (profil 1)

### Exigence 4

Le format de fichier image doit être JP2, complété par l'ajout des boîtes de type "association", "label" et 'Reader Requirement' (format JPX), uniquement nécessaires au géoréférencement GMLJP2.

### Exigence 5

Description : Géoréférencement GeoJP2™

Procédure de vérification : La boîte *UUID* contient les informations de géoréférencement au format GeoJP2™, tel que défini au paragraphe [2.3.3 Mises en œuvre](#), utilisant les mécanismes explicités en [Annexe 7](#).

### Exigence 6

Description : Système de référence identifié et coordonnées compatibles (géographiques ou projetées) (GeoJP2™)

Procédure de vérification :

- tag 1024 (GTModelTypeGeoKey) est présent

- tag 1025 (GTRasterTypeGeoKey) vaut 1

=> coordonnées géographiques : tag 2048 (GeographicTypeGeoKey)

=> coordonnées projetées : tag 3072 (ProjectedCSTypeGeoKey)

### Exigence 7

Description : Méthode de géoréférencement (GeoJP2™)

Procédure de vérification :

- tag 33922 (ModelTiePointTag) présent, valeur de type 0 0 0 Ox Oy 0

- tag 33550 (ModelPixelScaleTag) présent, valeur de type pX pY 0

remarque :

- (Ox,Oy) = coordonnées du coin haut gauche du pixel nord-ouest

- pX, pY = pas en X et Y des pixels

## Annexe 7 - Géoréférencement GeoJP2™ intégré au fichier JP2

### Boîte JP2 mise en œuvre pour le géoréférencement GeoJP2™

La boîte UUID du format JP2 est utilisée : cette boîte contient alors le fichier dégénéré GeoTIFF avec les informations de géoréférencement (tags/geokeys Geotiff). L'utilisation de cette boîte est plus longuement décrite dans la section géoréférencement de cette Annexe.

### Géoréférencement GeoJP2™

GeoJP2™ est un format qui a été développé par Mapping Science (puis repris par Lizartech). Il repose sur un mécanisme d'inclusion d'un fichier Geotiff dégénéré dans une boîte de type "UUID" afin de transmettre les informations de géoréférencement sous forme des tags/geokeys Geotiff traditionnels.

Les tags GeoTIFF à utiliser pour le géoréférencement de l'image dégénérée associée à l'image JP2 sont:

Nom du tag	N° tag	Description	Présence
ModelPixelScaleTag	33550	Taille des pixels en X/Y (ou long/lat)	Obligatoire
ModelTiePointTag	33922	Correspondance entre coordonnées pixels image et coordonnées terrestres	Obligatoire
GeoKeyDirectoryTag	34735	Paramètres descriptifs de l'image et de sa localisation	Obligatoire
GeoDoubleParamsTag	34736	Permet de décrire des valeurs de métadonnées de type « double »	
GeoAsciiParamsTag	34737	Permet de décrire des valeurs de métadonnées de type « chaîne de caractères »	
<b>Geokey Directory Tag</b>			
GTModelTypeGeoKey	1024	Type du système de coordonnées	Obligatoire
GTRasterTypeGeoKey	1025	Portée du pixel	Obligatoire
GTCitationGeoKey	1026	Libellé textuel explicite	
GeographicTypeGeoKey	2048	Code du système géodésique EPSG	Coordonnées géo
GeogCitationGeoKey	2049	Libellé textuel explicite	
GeogAngularUnitsGeoKey	2054	Unité angulaire	
ProjectedCSTypeGeoKey	3072	description du système de coordonnées	Coordonnées projetées
PCSCitationGeoKey	3073	Libellé textuel explicite	
ProjLinearUnitsGeoKey	3076	Unité de longueur	

Tableau 2 : tags et geokeys Geotiff pour le géoréférencement

Le tableau qui suit présente un exemple d'implémentation des tags GeoTIFF.

IFD numéro : 0 Offset en décimal : 619664222

PixelScaleTag, Tag 33550		
PixelScale X	PixelScale Y	PixelScale Z
1	1	0

Liste des Tiepoints, Tag 33922					
pixel X	pixel Y	pixel Z	géo X	géo Y	géo Z
0	0	0	501812.5	1344990.5	0

Geokeys Directory Tag			
KeyRevision=1	KeyDirectoryVersion=1	MinorRevision=0	NumberOfKeys=5

KeyId	Name	Count	Values	Meaning
1024	GTRasterTypeGeoKey	1	1	ModelTypeProjected
1025	GTRasterTypeGeoKey	1	1	RasterPixellsArea
2054	GeogAngularUnitsGeoKey	1	9102	Angular_Degree
3072	ProjectedCSTypeGeoKey	1	32633	PCS_WGS84_UTM_zone_33N
3076	ProjLinearUnitsGeoKey	1	9001	Linear_Meter

Tableau 3 : tags GeoTIFF présents dans une image (exemple)

Lors de la compression ces informations doivent être transmises dans la boîte UUID, comme ci-dessous.

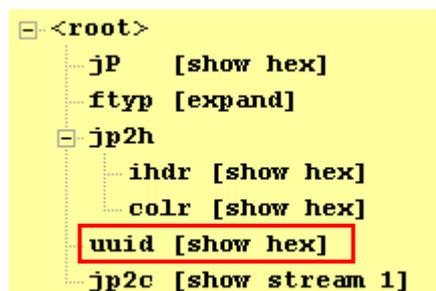


Figure 1 : structure d'un fichier JP2 avec boîte UUID

## ANNEXE B – ÉVOLUTION DU DOCUMENT

Le tableau ci-dessous présente les évolutions du descriptif technique de la diffusion raster au format JPEG2000 de sa version actuelle jusqu'à sa création.

Date	Historique des modifications
2022-07-26	<p><i>Couverture</i> : Remplacement du visuel.</p> <p>Le paragraphe <i>1. INTRODUCTION</i> est renommé <i>1. PRÉSENTATION DU DOCUMENT</i>.</p> <p>Le paragraphe <i>1.1 Contenu du document</i> est renommé <i>1.1 Ce que contient ce document</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• « JPEG2000 » → « format JPEG2000 » ;</li> <li>• le contenu de la remarque est adapté et déplacé vers un nouveau paragraphe <i>1.2 Ce que ne contient pas ce document</i> ;</li> <li>• suppression de l'emplacement du fichier et du lien vers l'ancien espace professionnel de l'IGN.</li> </ul> <p>Ajout d'un paragraphe <i>1.2 Ce que ne contient pas ce document</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mention des descriptifs de contenu et de leur contenu ;</li> <li>• reprise et adaptation du contenu de la remarque de l'ancien paragraphe <i>1.1 Contenu du document</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ le terme « descriptifs de livraison » est mis au pluriel,</li> <li>○ mention du contenu de ces descriptifs ;</li> </ul> </li> <li>• mention des suivis des évolutions et de leur contenu ;</li> <li>• ajout de l'emplacement des documents sur le site « <a href="#">géoservices</a> » de l'IGN ;</li> <li>• ajout d'un lien sous forme d'une imagerie cliquable pointant vers DOCUMENTATION DONNÉES ;</li> <li>• ajout du fait que ce document n'est pas un manuel d'utilisation des produits.</li> </ul> <p>Le contenu de l'ancien paragraphe <i>1.2 Contexte</i> est déplacé vers le paragraphe <i>2.1 Introduction</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• suppression du détail de l'organisation de l'implémentation, déjà présenté dans ce paragraphe ;</li> <li>• <u>profil 1</u> : ajout d'une note de bas de page qui reprend les recommandations l'utilisation du profil1 ;</li> <li>• note de bas de page : ajout de la notion de profil 2.</li> </ul> <p>Paragraphe <i>2.2.2 Facteur de compression</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modification des paragraphes concernant l'application des versions « standard » et « optimisé » → Les produits concernés et leur encodage sont mis dans des tableaux ;</li> <li>• « infra-rouge couleur » → « proche Infra-Rouge fausses Couleurs (IRC) ;</li> <li>• version « optimisé » : Suppression des SCAN IGN ;</li> <li>• <i>Tableaux comparatifs des images [...] en fonction de leur format</i> : Suppression de « 24 bits ».</li> </ul> <p>Paragraphe <i>2.2.3 Volumétrie</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ajout de remarques sur les résolutions de la BD ORTHO® et le format ECW ;</li> <li>• suppression du nombre de bits/pixel ;</li> <li>• SCAN 25® : Suppression du format TIFF (couleurs indexées) 8 bits/pixel ;</li> <li>• mise à jour des volumes en fonction des informations données par le Département Exploitation Diffusion et Archivage.</li> </ul>

Date	Historique des modifications
2022-07-26 (suite)	<p>Paragraphe 2.2.4 <i>Découpage et livraison des données images</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• « l'Espace professionnel » → « le site <a href="#">géoservices</a> » ;</li> <li>• suppression de l'« onglet DOCUMENTATION » ;</li> <li>• modification du lien <a href="#">professionnel.ign.fr/donnees</a> sous forme d'une imagerie cliquable pointant vers DOCUMENTATION DONNÉES ;</li> <li>• « les dalles de JPEG2000 optimisé sont plus grandes en dimension » : Ajout d'une note de bas de page pour les résolutions ≤ 20 cm.</li> </ul> <p>Paragraphe 2.2.5 <i>Compatibilité avec les principaux SIG</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SIG : Ajout de la définition de l'acronyme en note de bas de page ;</li> <li>• suppression des plateformes prises en compte (présentées dans le tableau) ;</li> <li>• suppression de « Voici le tableau récapitulatif des résultats » ;</li> <li>• la légende est placée après le tableau ;</li> <li>• remplacement de «  » par «  ».</li> </ul> <p>ANNEXE 4 : Les titres de paragraphes remontent d'un niveau hiérarchique.</p> <p>Paragraphe 4.2 <i>Profil 1</i> : Ajout d'une note de bas de page mentionnant l'utilisation possible du profil 2.</p> <p>ANNEXE B – ÉVOLUTION DU DOCUMENT : Mise à jour des dernières évolutions.</p>
2018-10-08	<p><i>Dans tout le document</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mise en forme des titres conformément à la charte en vigueur ;</li> <li>• ajout de <sup>TM</sup> après « GeoJP2 ».</li> </ul> <p>Paragraphe 1.1 <i>Contenu du document</i> : ajout de l'emplacement du document sur l'Espace professionnel.</p> <p>Paragraphe 2.1 <i>Introduction</i> : « à toutes les ressources » → « aux ressources [...] (produits ORTHO et SCAN IGN). »</p> <p>Paragraphe 2.2.2 <i>Facteur de compression</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ajout des produits ORTHO et SCAN IGN ;</li> <li>• futur → présent ;</li> <li>• JPEG2000 « standard » : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ suppression de 8 bits (couleurs indexées),</li> <li>○ image 1 bit : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ la phrase est déplacée en fin de paragraphe,</li> <li>❖ suppression de « standard »,</li> <li>❖ ajout de BD PARCELLAIRE<sup>®</sup> ;</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• JPEG2000 « optimisé » : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ la compression reste raisonnable,</li> <li>○ ajout de l'infra-rouge couleur pour le 24 bits,</li> <li>○ ajout du 8 bits (noir et blanc) ;</li> </ul> </li> <li>• <i>Tableau comparatif des images SCAN25<sup>®</sup></i> : « TIFF non compressé » → « TIFF compressé LZW ».</li> </ul> <p>Paragraphe 2.2.3 <i>Volumétrie</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• « Définition » → « Résolution » ;</li> <li>• ajustement des volumes en fonction des données ;</li> <li>• BD ORTHO<sup>®</sup>, JPEG2000 optimisé : dalles de 1 km x 1 km → dalles de 5 km x 5 km ;</li> </ul>

Date	Historique des modifications
2018-10-08 (suite)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• suppression de la BD PARCELLAIRE® ;</li> <li>• SCAN 25® : Ajout des formats : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TIFF (couleurs indexées) 8 bits/pixel,</li> <li>○ TIFF compressé LZW 24 bits/pixel ;</li> </ul> </li> <li>• suppression du paragraphe précisant que les volumes viennent de tests.</li> </ul> <p>Paragraphe 2.2.4 <i>Découpage et livraison des données images</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les documents n'accompagnent plus les livraisons mais sont disponibles sur l'Espace professionnel de l'IGN (ajout d'un lien) ;</li> <li>• les phrases au futur sont mises au présent.</li> </ul> <p>Le paragraphe <i>ANNEXES</i> est renommé <i>ANNEXE A – ANNEXES DU DOCUMENT</i> : Les sous-paragraphe des <i>Annexes</i> sont numérotés.</p> <p>Ajout d'une <i>ANNEXE B – ÉVOLUTION DU DOCUMENT</i> qui contient ces présentes évolutions.</p> <p>Changement de couverture et de visuel selon la charte en vigueur.</p> <p>Amélioration de la navigabilité dans le fichier PDF :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• création de liens hypertexte ;</li> <li>• création de signets.</li> </ul> <p>Le fichier PDF n'est plus protégé.</p>
2014-12-19	<p>Suppression des références à GDAL (en particulier dans l'<i>Annexe 4</i>).</p> <p>Le JPEG2000 « standard » n'est pas applicable aux produits :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 bits (couleurs indexées) ;</li> <li>• 1 bit ou bi-level (noir ou blanc).</li> </ul>
2014-06-25	<p><i>Annexe 4</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Compression</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ précisions sur les filtres W5X3 (réversible) et W9X7 (irréversible),</li> <li>○ ajout d'une remarque sur le paramètre obligatoire « Cycc=yes » (transformation colorimétrique) pour le JPEG2000 optimisé ;</li> </ul> </li> <li>• <i>Nombre de niveaux de décomposition</i> : Le nombre de niveaux est égal à 7 ou 8 selon la taille de l'image ;</li> <li>• <i>Exemples pratiques</i> : Ajout du paramètre « Cycc=yes » dans la ligne de commande <b>Kakadu</b> pour la conversion GeoTIFF → JPEG2000 optimisé.</li> </ul>
2014-05-12	<p><i>Annexe 4, Exemples pratiques</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• passage du « Clevels=7 » à « Clevels=8 » ;</li> <li>• passage de « Creversible=yes » à « Creversible=no » pour le JPEG2000 optimisé.</li> </ul>
2013-10-04	<p>Mise à jour des pieds de page.</p> <p>Paragraphe 2.2.5 <i>Compatibilité avec les principaux SIG</i> : IGNMap 2-0 peut dorénavant lire le GeoJP2™.</p>
2013-07-03	<p>Création d'un descriptif technique de la diffusion raster au format JPEG2000 sur la base d'un document de <i>Mise en œuvre du paramétrage des outils Kakadu et GDAL dans les produits IGN</i>, rédigé par le département Normalisation.</p>