

ETAT DE L'ART DU TATOUAGE CONJOINT A LA COMPRESSION AVEC JPEG2000

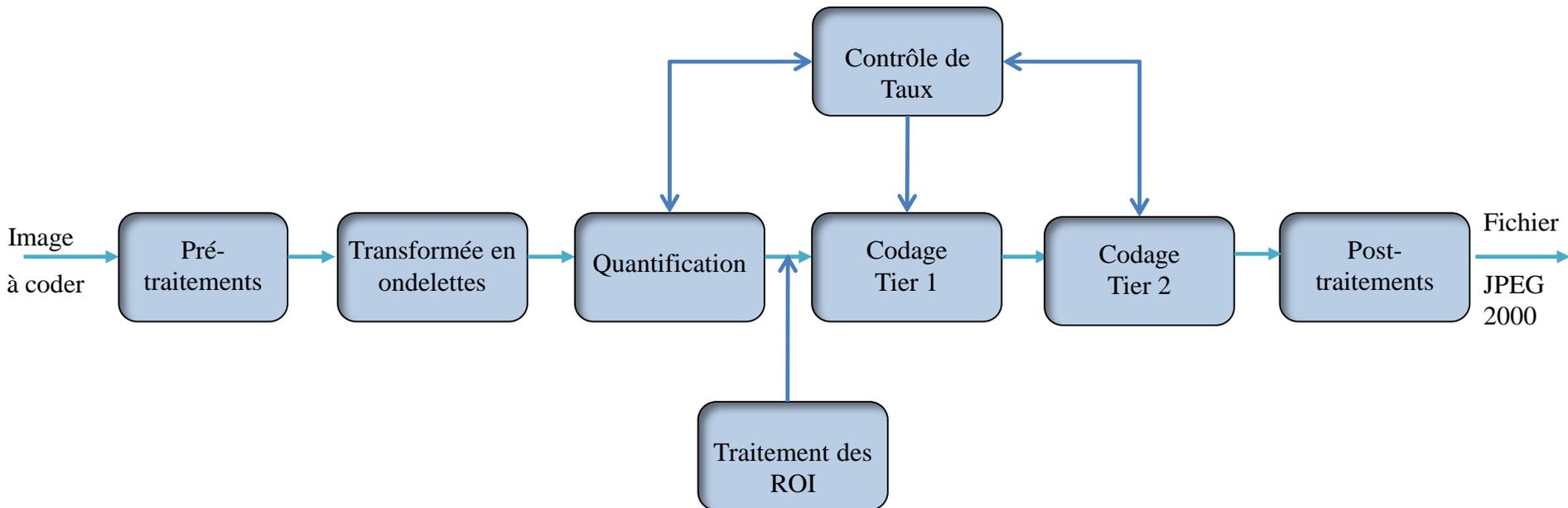
Par : Dalila Goudia

SOMMAIRE

1. Le standard JPEG2000
2. Etat de l'art du tatouage conjoint à la compression avec JPEG2000
3. Comparaison des performances
4. Contraintes existantes à l'élaboration d'un schéma de tatouage/compression conjoint basé sur JPEG2000

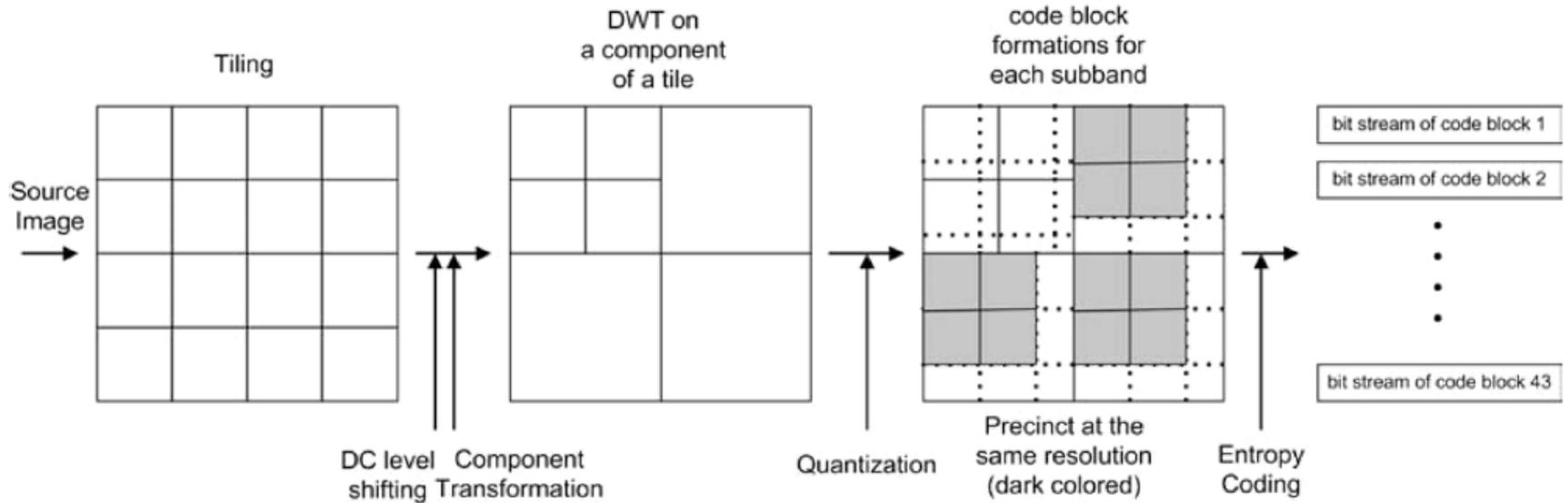
LE STANDARD JPEG2000

JPEG2000 est une norme de compression d'images fixes basée sur le codage par ondelettes possédant de nombreuses fonctionnalités

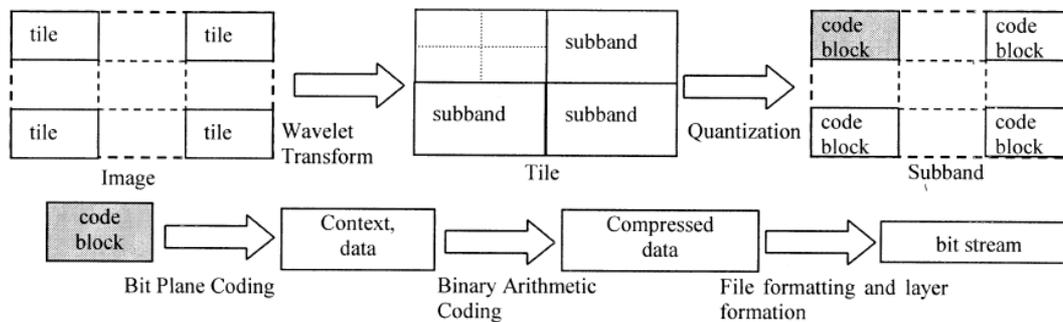


Blocs constituant la chaîne de codage de JPEG2000

LE STANDARD JPEG2000



Etapes de codage dans JPEG2000



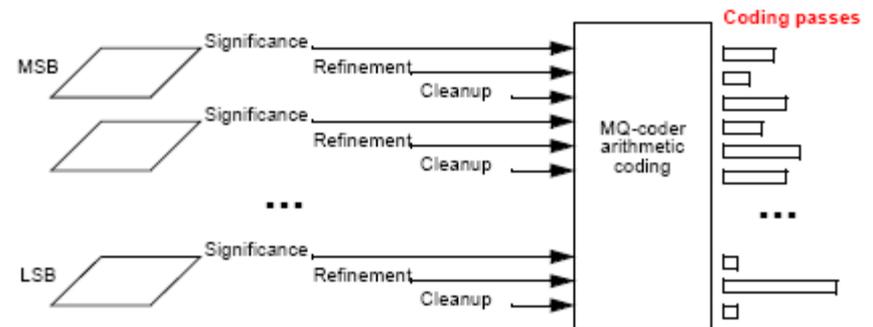
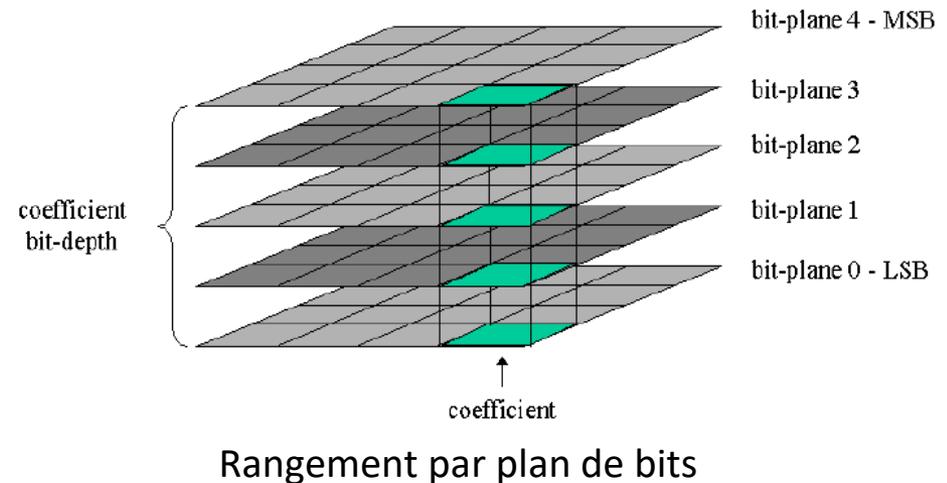
LE STANDARD JPEG2000

Codage entropique (codage Tier 1)

Les coefficients dans chaque code-bloc sont rangés par plans de bits. En commençant par le plan de bits de poids fort (MSB), tous ces plans sont codés en fonction de leur *significance* et de leur *contexte* par trois passes successives:

- significance pass
- refinement pass
- cleanup pass

Les bits issus de ces différentes passes, ainsi que le contexte associé, sont ensuite envoyés à un codeur arithmétique MQ

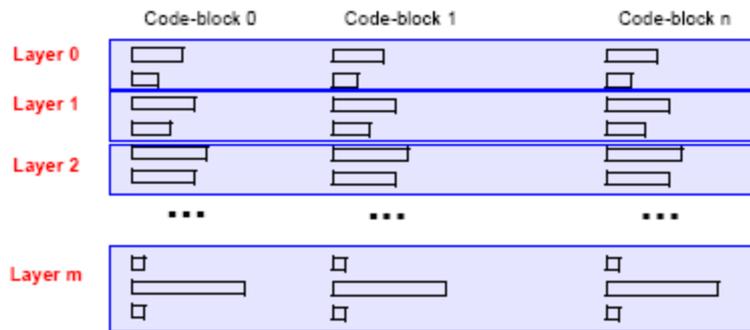


Passes de codage et codage arithmétique

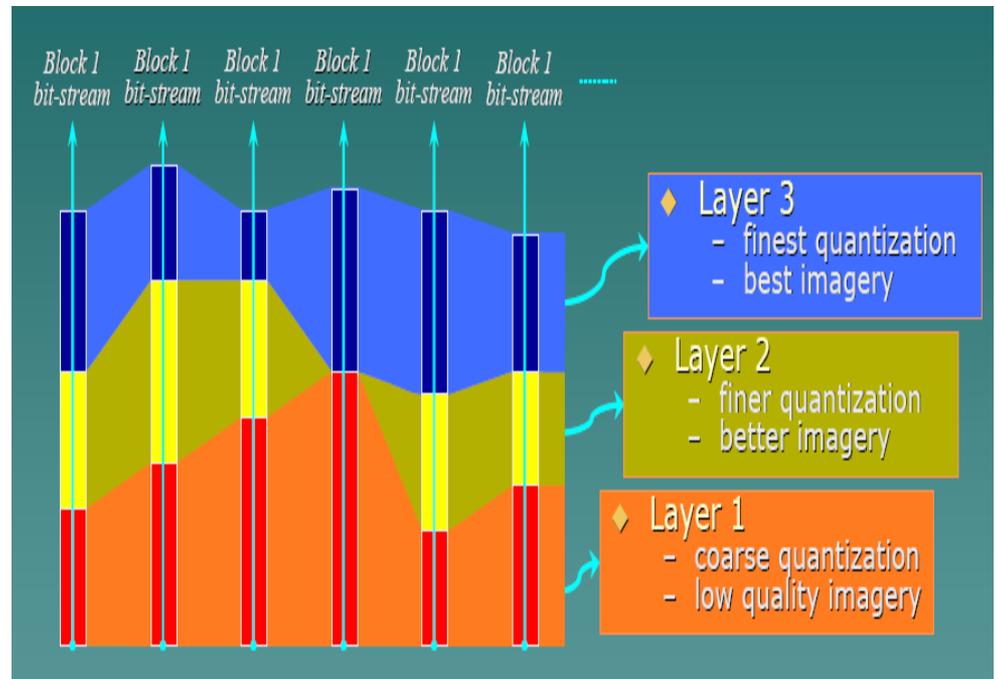
LE STANDARD JPEG2000

Organisation du bitstream (codage Tier 2)

Notion de **couches de qualités**: *ré-ordonnement* des données compressées (bitstream) suivant par exemple, la résolution désirée ou bien la qualité désirée



Organisation du bitstream



Couches de qualité et ordre de progression

LE STANDARD JPEG2000

Contrôle de taux (allocation de débit)

Le contrôle du taux est accompli par deux mécanismes distincts :

- **Choix des pas de quantification** : il fixe des pas de quantification plus ou moins grands afin d'arriver au débit binaire voulu.

Inconvénient: à chaque fois que l'on modifie le pas de quantification il faut refaire intégralement le premier étage de codage

- **Sélection des passes de codage** qui seront inclus dans le flux de données final → optimisation débit/distorsion et troncation du bitstream

ETAT DE L'ART

TATOUAGE/COMPRESSION CONJOINT AVEC JPEG2000

- Travaux de Su et al. (2001)
- Travaux de Grobois et Ibrahim (2001)
- Travaux de Meerwald (2001)
- Travaux de Zhang et al. (2004)
- Travaux de Li et Zhang (2003)
- Travaux de Fan et Tsao (2005)
- Travaux de Makhloufi et al. (2006)
- Travaux de Sabu et al. (2005)
- Travaux de Schlauweg et al. (2006)
- Travaux de Fan et al. (2008)

ETAT DE L'ART

Travaux de Su et al. (2001)

Technique de tatouage additive par étalement de spectre

Insertion de la marque: effectué après l'étape de quantification au niveau de chaque code-block de chaque sous bande

Sélection des coefficients : les coefficients significatifs pour lequel $\|I_{b_s}(x, y)\| \geq 2^q$

Formule d'insertion:
$$I'_{b_s}(x, y) = I_{b_s}(x, y) + (w_{b_s}(x, y) \times 2^{\delta_{b_s}})$$

$I_{b_s}(x, y)$: le coefficient du code block b de la sous-bande s qui a pour coordonnées (x,y) et $\delta_{b_s} = P - I - G + \alpha_{b_s}$

- fonctionnalité de détection progressive du tatouage
- Possibilité d'insérer le tatouage au niveau d'une ROI (Region Of Interest)
- bonne robustesse de ce schéma face à différentes attaques d'effacement (rognage, filtre médian...)

ETAT DE L'ART

Travaux de Grobois et Ibrahimi (2001)

Technique de tatouage par étalement de spectre

Application: amélioration de contenu dans le cadre d'une application d'acquisition d'images avec information de bord

Insertion du tatouage après l'étape de quantification au niveau de toutes les sous-bandes mais avec une puissance moins grande au niveau des code-blocks de la sous -bande LL

Formule d'insertion:

$$w'_q[i] = w_q[i] + \alpha[i] * n_{b_k}[i]$$

avec: $n_{b_k}[i] = b_k * n[i]$ et $n[i] = \begin{cases} 1 - 2[r_2 + 0.5] & \text{si } r_1 \leq \delta \\ 0 & \text{si } r_1 < \delta \end{cases}$

- Bonne robustesse face aux modifications des paramètres JPEG2000
- Intégration de certaines propriétés du Système Visuel Humain (HVS) dans le but d'améliorer la qualité visuelle de l'image tatouée

ETAT DE L'ART

Travaux de Meerwald (2001)

Technique de tatouage par QIM

Domaine d'application: protection de copyright et Authentification

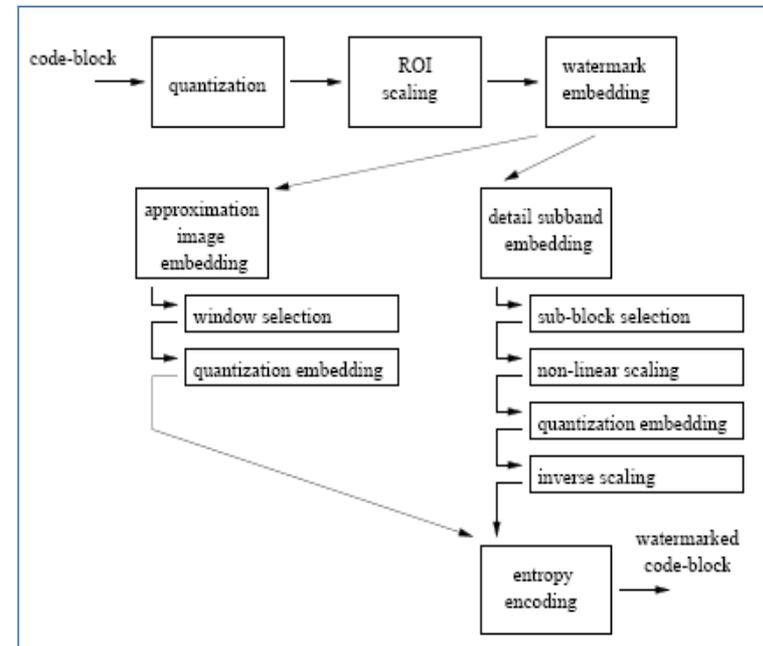
Formule d'insertion:

$$s(x_i; m) = Q_{\Delta}(x_i + d_i(m)) - d_i(m)$$

Insertion de la marque:

1. Au niveau de la sous bande d'approximation LL: similaire à l'approche de Xie, fenêtre glissante de taille comprise entre 2 x1 à 8 x1 bits
2. Au niveau des sous bandes de détails: utilisation d'une fenêtre glissante de taille beaucoup plus grande

Attaques: bonne robustesse face à: compression JPEG, compression JPEG2000 avec variation des paramètres de compression et application du flou dans l'image (blurring).



ETAT DE L'ART

Travaux de Zhang et al. (2004)

Technique de tatouage par étalement de spectre

Insertion de la marque: effectué au niveau des sous-bandes HL et LH

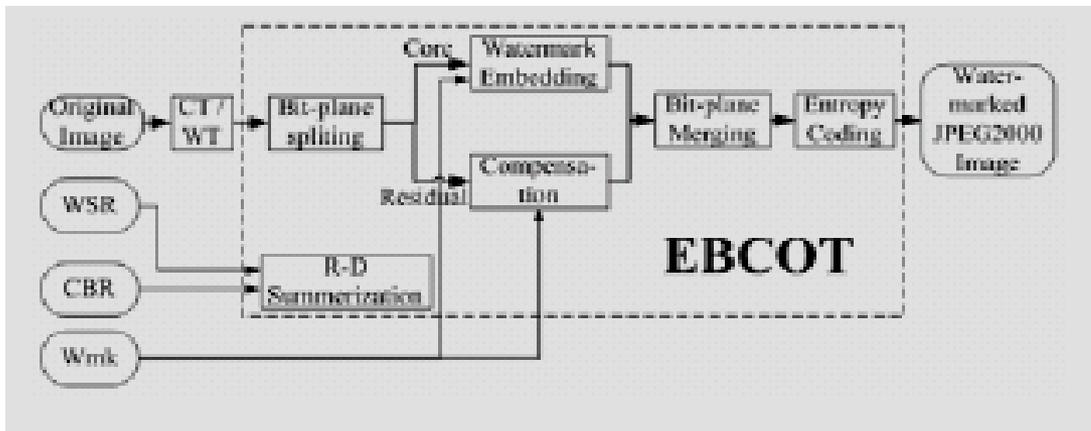
Représentation binaire de chaque coefficient divisée en deux parties:

La marque est insérée au niveau de la 1ère partie appelée noyau

la 2ème partie, appelée résidu, est modifiée de telle manière à compenser la distorsion introduite par l'insertion de la marque

Permet de maintenir la fonctionnalité de transmission progressive de JPEG2000

$$I_i = u_i \times 2^L + d_i, \quad \text{sign}(I_i) = \text{sign}(u_i) = \text{sign}(d_i)$$



$$\sigma_i = \begin{cases} \lfloor \alpha \times |u_i| \times w_i + 0.5 \rfloor & \text{si } w_i \geq 0 \\ \lfloor \alpha \times |u_i| \times w_i - 0.5 \rfloor & \text{si } w_i < 0 \end{cases}$$

$$u'_i = u_i + \sigma'_i \quad d'_i = d_i - \sigma'_i \times 2^L$$

$$I'_i = u'_i \times 2^{L-\lambda} + d'_i$$

ETAT DE L'ART

Travaux de Li et Zhang (2003)

Technique de tatouage atypique similaire à une pseudo-quantification

Objectif : Moduler la puissance du tatouage en fonction du taux de compression ou débit binaire cible f

Insertion de la marque:

- Effectuée après l'étape de quantification et la phase de traitement des ROIs
- Insertion au niveau de la sous bande HH du 3ème niveau de résolution
- Le paramètre Q utilisé pour calculer le niveau d'insertion du tatouage est une sorte de pas de quantification ou *intervalle de Quantification* déterminé de manière empirique à partir du débit cible f ($Q > \Delta$)

bit-rate f	estimated interval Q
>1	2
$1 \sim 0.8$	4
$0.8 \sim 0.5$	8
$0.5 \sim 0.25$	16
$0.25 \sim 0.2$	32
$0.2 \sim 0.1$	48
<0.1	64

ETAT DE L'ART

Travaux de Li et Zhang (2003)

Algorithme d'insertion:

- Calcul de la valeur de Q en fonction du débit cible f
- Mise en forme du message en répétant M fois chaque bit de la marque à insérer (M est aussi calculé en fonction de f)
- Les coefficients appartenant à l'intervalle $[-Q/2, Q/2]$ sont exclus du processus de tatouage
- Les coefficients sont modifiés à l'aide des équations suivantes :

$$y = \begin{cases} \left\lceil \left(\left\lfloor \frac{x}{2Q} \right\rfloor + 0.5 \right) \times 2Q \right\rceil, & x > 2Q \\ \left\lfloor \left(\left\lceil \frac{x-Q}{2Q} \right\rceil \right) \times 2Q \right\rfloor, & x < -Q \\ Q, & Q/2 \leq x \leq 2Q \\ -2Q, & -Q \leq x \leq -Q/2 \end{cases}$$

$$y = \begin{cases} \left\lceil \left(\left\lfloor \frac{x+Q}{2Q} \right\rfloor \right) \times 2Q \right\rceil, & x > Q \\ \left\lfloor \left(\left\lceil \frac{x}{2Q} \right\rceil - 0.5 \right) \times 2Q \right\rfloor, & x < -2Q \\ 2Q, & Q/2 \leq x \leq Q \\ -Q, & -2Q \leq x \leq -Q/2 \end{cases}$$

- ✓ Bon comportement de l'algorithme face à une variation du débit cible
- ✓ Bonne robustesse face aux attaques suivantes: compression JPEG, compression JPEG2000, ajout de bruit et filtrage passe-bas

ETAT DE L'ART

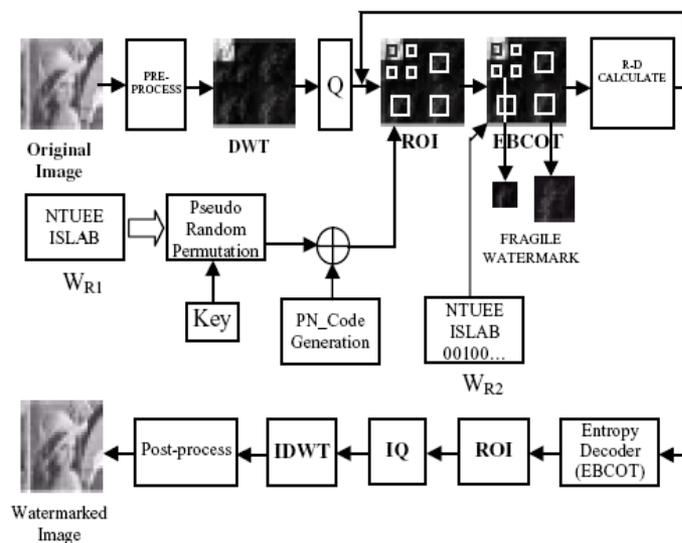
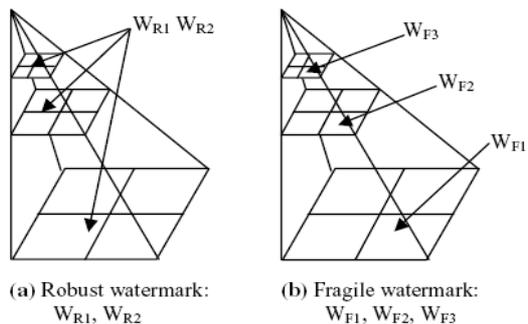
Travaux de Fan et Tsao (2005)

Technique de tatouage multimarque pour une application de protection des droits d'auteurs . Deux types de marques insérées sous la forme de pyramides:

- 1^{er} type de marque : Tatouage robuste
- 2^{ème} type de marque : Tatouage fragile

Insertion de la marque:

- **tatouage robuste** : insertion après l'étape de quantification et pendant le codage des ROI au niveau des sous bandes LH_i , HL_i et LL
- **tatouage fragile** : insertion après codage entropique au niveau des sous bandes HH_i



Attaques : compression JPEG2000, ajout de bruit, rognage, remise à l'échelle et rotation

ETAT DE L'ART

Travaux de Makhloufi et al. (2006)

- Technique de tatouage fragile basée sur la QIM
- Intégration du module de tatouage dans 03 codeurs par ondelettes : un codeur par ondelettes classique et 02 codeurs basés sur le standard JPEG2000 (USQ et TCQ)

Sélection des coefficients : Les coefficients candidats au tatouage sont choisis de manière aléatoire

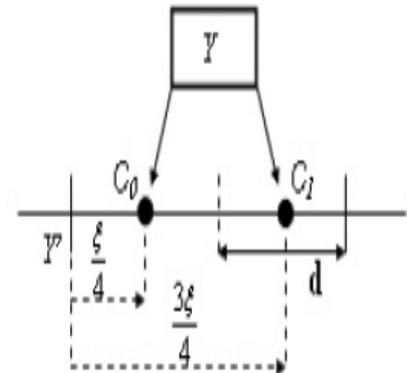
Insertion de la marque: avant l'étape de quantification au niveau de la sous bande LL

- Pour chacun des coefficients sélectionnés y , une décision est prise après calcul des deux composantes de tatouage c_0 et c_1 :

$$\begin{cases} c_0 = \text{sign}\left[\frac{y}{\zeta}\right] \times \zeta + \frac{\zeta}{4} \\ c_1 = \text{sign}\left[\frac{y}{\zeta}\right] \times \zeta + \frac{3 \times \zeta}{4} \end{cases}$$

Si le bit à insérer est égal à 0 alors y est indexé par $\zeta/4$,
sinon il sera indexé par $\frac{3 \times \zeta}{4}$

- Bonne robustesse de ce schéma de tatouage face à une variation du taux de compression
- Pas de test sur la robustesse de ce schéma face à des attaques d'effacement et/ou des attaques géométriques

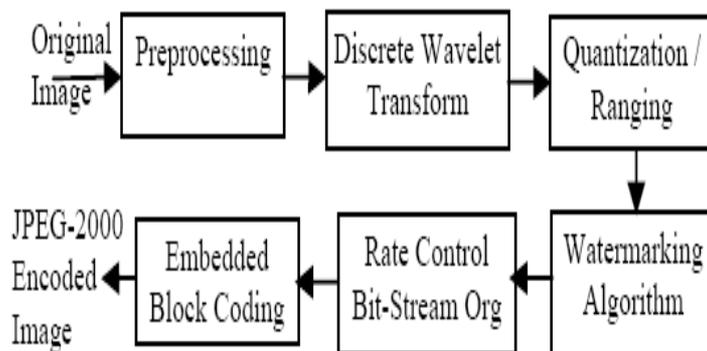


ETAT DE L'ART

Travaux de Sabu et al.(2005)

- Technique de tatouage fragile pour des images JPEG2000 dans le cadre d'une application d'authentification d'images
- Tatouage asymétrique: Utilisation de 02 clés, une clé k_i privée pour l'insertion et une clé k_D publique pour la détection
- Méthode basé sur les principes de la machine à état fini (Finite State Machine)

Insertion de la marque : après l'étape de quantification au niveau des sous-bandes LH et HL des 03 niveaux de résolution et au niveau de la sous -bande LL



ETAT DE L'ART

Travaux de Sabu et al.(2005)

Insertion de la marque

- Les coefficients candidats au tatouage sont regroupés dans un vecteur appelé X
- Ce vecteur est divisé en r segments disjoints notés X_r de longueur N
- A chacun de ces vecteurs X_r est associé un autre vecteur binaire BM_r calculé en fonction d'un seuil A :

$$BM_r(k) = \begin{cases} 0 & A > X_r(k), \quad 0 \leq k \leq (N-1) \\ 1 & A \leq X_r(k), \quad 0 \leq k \leq (N-1) \end{cases}$$

- Une table de groupe d'états SGT à 2^N entrées est utilisée pour insérer un bit de la marque dans chaque vecteur X_r
- SGT est divisé en deux groupes distincts SG_0 et SG_1 :
 - SG_0 contient 2^{N-1} états associés à l'insertion du bit 0
 - SG_1 contient 2^{N-1} états associés à l'insertion du bit 1

ETAT DE L'ART

Travaux de Sabu et al.(2005)

Algorithme d'insertion de la marque

- Calcul des vecteurs BM_r
- Pour chaque vecteur BM_r : Comparaison avec les entrées de SG_0
 - Correspondance positive avec l'une des entrées du groupe : le bit 0 est déjà inséré, X_r n'est pas modifié
 - Aucune correspondance: X_r est modifié de telle façon à ce que le vecteur BM_r obtenu corresponde à un état de SG_0
- Pour chaque vecteur BM_r : Comparaison avec les entrées de SG_1
 - Correspondance positive avec l'une des entrées du groupe : le bit 1 est déjà inséré, X_r n'est pas modifié
 - Aucune correspondance: X_r est modifié de telle façon à ce que le vecteur BM_r obtenu corresponde à un état de SG_1
- X_r est modifié en utilisant une table de transition à états fini (FSTT) permettant la transition entre l'ancien état correspondant à BM_r vers un nouvel état faisant partie du bon groupe SG (SG_0 ou SG_1)

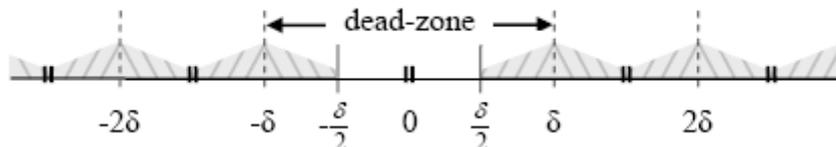
ETAT DE L'ART

Travaux de Schlauweg et al. (2006)

- Technique de tatouage semi-fragile basée sur JPEG2000 pour une application d'authentification d'image
- Objectif: développer un algorithme de tatouage destiné à survivre à des attaques sur la sécurité
- Utilisation de la quantification scalaire et d'outils cryptographiques

Génération de la marque:

- Extraction des caractéristiques: par quantification scalaire uniforme avec zone morte étendue. Les coefficients c dont la valeur est comprise entre $[-\Delta, -\Delta/2]$ et $[\Delta/2, \Delta]$ sont quantifiés à $-\Delta/2$ ou $+\Delta/2$ respectivement.
- Application d'une fonction de hachage aux coefficients quantifiés pour chaque niveau de résolution \rightarrow calcul d'une empreinte cryptographique h
- Cryptage de l'empreinte h à l'aide de l'algorithme de chiffrement RSA



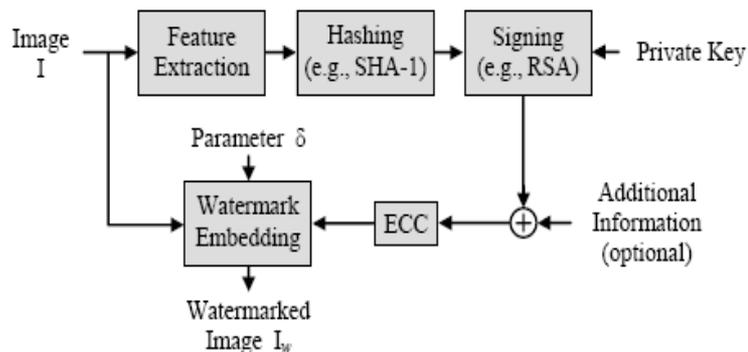
Quantification scalaire avec zone morte étendue

ETAT DE L'ART

Travaux de Schlauweg et al. (2006)

Insertion de la marque:

- Application d'un code correcteur d'erreur à la signature afin d'améliorer l'extraction de la marque lors de la phase de décodage
- Insertion de la signature au niveau de la sous-bande LL en utilisant la Dither Modulation (DM-QIM)



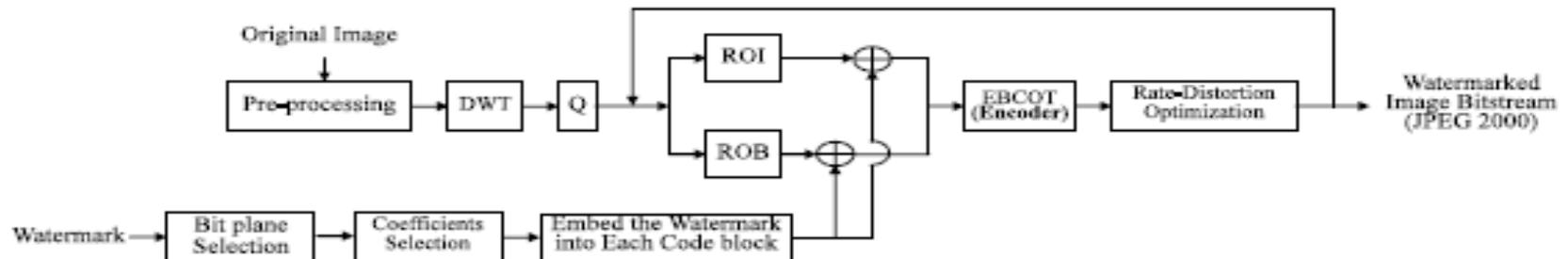
Dégradation importante de l'image reconstruite en termes de PSNR

- Utilisation d'un modèle perceptuel adaptatif afin de réduire la distorsion introduite par l'insertion de la marque: technique de classification par bloc basée sur la texture
- Bons résultats obtenus face à des attaques sur la sécurité
- Assez bonne robustesse face aux attaques suivantes: compression JPEG, filtrage gaussien passe-bas, changement de contraste et de luminosité

ETAT DE L'ART

Travaux de Fan et al. (2008)

- schéma de tatouage basé sur les ROIs (Region Of Interest) pour une application de droits d'auteurs
- Les coefficients candidats au tatouage sont sélectionnés à la fois dans la ROI et dans l'arrière plan ROB (Region Of Background)
- Introduction d'un processus de réévaluation récursif de la marque afin d'éviter une troncation du tatouage lors de la phase d'allocation de débit de JPEG2000



ETAT DE L'ART

Travaux de Fan et al. (2008)

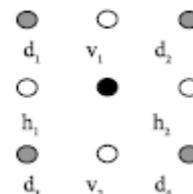
Insertion de la marque:

- Insertion au niveau de toutes les sous bandes de tous les niveaux de résolution
- Le tatouage est inséré dans chaque code-bloc de manière indépendante afin de prévenir toute perte d'information de marquage
- L'algorithme d'insertion de la marque est basé sur le contexte de voisinage de chacun des coefficients sélectionnés

$$\sum h = h_1 + h_2$$

$$\sum v = v_1 + v_2$$

$$\sum d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$



	LL sub-band	LH sub-band	HL sub-band	HH sub-band
WV=1	$\sum h \geq 1$	$\sum h \geq 1$	$\sum v \geq 1$	$\sum d \geq 3$
WV=0	$\sum h < 1$	$\sum h < 1$	$\sum v < 1$	$\sum d < 3$

WV: watermark value

Bons résultats obtenus en terme de robustesse de leur schéma face à diverses attaques parmi lesquelles : la compression JPEG2000, la fonctionnalité de transmission progressive, la remise à l'échelle, le rognage, le filtrage médian et la rotation

EVALUATION DES PERFORMANCES DES SCHEMAS CONJOINTS DE L'ETAT DE L'ART

Evaluation des performances de Tatouage

- Robustesse
 - Attaques de compression
 - Attaques d'effacement
 - Attaques géométrique
- Prise en compte de l'aspect sécurité
- Capacité d'insertion de la marque

Evaluation des performances de codage

- Taux de compression
 - Influence du taux de compression sur les performances du tatouage
 - Résistance du tatouage face à une variation du taux de compression
- Evaluation de la qualité de l'image reconstruite
 - Comparaison entre l'image compressée et l'image compressée/tatouée en termes de PSNR
 - Evaluation subjective de la qualité de l'image compressée/tatouée

PERFORMANCES DE TATOUAGE DES SCHEMAS CONJOINTS DE L'ETAT DE L'ART

Auteurs	Technique de tatouage	Capacité maximale	Robustesse			Prise en compte de l'aspect sécurité
			Attaques de compression	Attaques d'effacement	Attaques géométriques	
Grobois et Ibrahimi	étalement de spectre		JPEG JPEG2000	bruit additif, image floutée	-	non
Zhang et al.	étalement de spectre		-	-	-	non
Meerwald	QIM	383 bits (512 x 512)	JPEG JPEG2000	image floutée	-	oui
Su et al.	étalement de spectre	taille du code-block	JPEG SPIHT	bruit additif rognage filtre médian image floutée	-	non
Li et Zhang	Pseudo-quantification	373 bits (512 x 512)	JPEG JPEG2000	ajout de bruit filtrage passe-bas	-	non
Fan et Tsao	modulation	-	JPEG2000	rognage ajout de bruit	remise à l'échelle rotation	oui
Sabu et al.	machine à état fini	1250 bits (800 x 600)	JPEG2000	-	-	oui
Makhloufi et al.	QIM	256 bits (512 x 512)	JPEG2000	-	-	non
Schlauweg et al.	QIM	1022 bits (512 x 512)	JPEG	filtrage passe-bas changement de contraste changement de luminosité	-	oui
Fan et al.		100 bits	JPEG2000	rognage filtre médian	remise à l'échelle rotation	non

PERFORMANCES DE CODAGE DES SCHEMAS CONJOINTS DE L'ETAT DE L'ART

Auteurs	Images test	Capacité maximale	Taux (TC) ou débit de compression (en bpp)	PSNR de l'image compressée	PSNR de l'image compressée/ tatouée
Grobois et Ibrahimi	2048 x 2560		0,05 bpp		22,69 dB
			0,04 bpp		24,3 dB
Zhang et al.	1024 x 1280		TC = 6,5 :1	27,60 dB	27,51 dB
Meerwald	512 x 512	383 bits			32,09 dB
	512 x 512	194 bits			31,45 dB
Su et al.	1024 x 1280		0,5 bpp	33,70 dB	33,09 dB
Li et Zhang	512 x 512	220	1 bpp	60.89	50.38
	512 x 512	373	0.5 bpp	40.83	38.07
	512 x 512	251	0.1 bpp	23.91	23.41
Fan et Tsao			1 bpp		24.08
Sabu et al.	800 x 600	1250			
Makhloufi et al.	2048 x 2560	5120			
Schlauweg et al.	512 x 512	1022	1 bpp < 0.5 bpp		entre 30 et 50 dB < 20 dB
Fan et al.		100	1 bpp		35.16
			0.5 bpp		31.94

CONTRAINTES EXISTANTES DANS L'ELABORATION D'UN SCHEMA CONJOINT AVEC JPEG2000

1. Prise en compte du débit cible afin d'assurer une extraction correcte de la marque même à bas débit
2. Prise en compte des paramètres de compression de JPEG2000: nombre de niveaux de résolution, taille des code blocks, type de quantification scalaire, ordre de progression, ROI's
3. Prise en compte de la phase d'allocation de débit de JPEG2000
 - Le tatouage doit pouvoir survivre à cette étape

CONTRAINTES EXISTANTES DANS L'ELABORATION D'UN SCHEMA CONJOINT

4. Sous-bandes sélectionnées pour l'insertion de la marque
A quel niveau de résolution doit on insérer le tatouage ?
Quel type de sous-bandes choisir ?

Plusieurs choix possibles:

- Sélectionner toutes les sous-bandes de tous les niveaux de résolutions
- Exclure les hautes résolutions du processus de tatouage (sous bandes HH): contiennent trop peu de coefficients candidats au tatouage
- Tatouer les basses résolutions (sous bande LL): risque de dégradation de la qualité de reconstruction de l'image
- Effectuer le processus de tatouage dans les résolutions intermédiaires de la décomposition en ondelettes

La capacité d'insertion est fonction du nombre de sous-bandes sélectionnées

CONTRAINTES EXISTANTES DANS L'ELABORATION D'UN SCHEMA CONJOINT

Choix des sous-bandes où l'insertion de la marque doit se faire

Auteurs	Nombre de niveaux de résolution	Sous-bandes sélectionnées pour l'insertion de la marque
Grobois et Ibrahimi		au niveau de toutes les sous bandes
Zhang et al.		sous-bandes HL et LH de tous les niveaux
Meerwald		au niveau de toutes les sous bandes
Li et Zhang	5	sous-bande HH du 3 ^{ème} niveau
Fan et Tsao	3 Tatouage robuste Tatouage fragile	sous-bande LL et sous-bandes HL et LH de tous les niveaux sous-bandes HH de tous les niveaux
Sabu et al.	3	sous-bande LL et sous-bandes HL et LH de tous les niveaux
Makhloufi et al.	5	sous-bande LL
Schlauweg et al.	4	sous-bande LL
Fan et al.	3	sous-bandes HL, LH et HH de tous les niveaux

Sous-bandes sélectionnées pour l'insertion de la marque par les schémas conjoints de l'état de l'art

ETAT DE L'ART DU TATOUAGE CONJOINT A LA COMPRESSION AVEC JPEG2000

Merci de votre attention