

Tatouage d'objets vidéos résistant aux manipulations

Video object watermarking robust to manipulations

par Patrick BAS, Benoît MACQ

Laboratoire Tele, Bâtiment Stevin, Place du Levant, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

résumé et mots clés

Cet article présente un schéma de tatouage permettant de marquer des objets vidéo tels qu'ils sont décrits dans le cadre de la norme MPEG-4. Les contraintes liées à cette norme sont différentes de celles connues en tatouage de séquences classiques. Dans un tel contexte, la détection de la signature doit en effet être possible après diverses manipulations de l'objet vidéo telles que des rotations ou changements d'échelle. La méthode proposée utilise la forme de l'objet vidéo pour permettre la synchronisation de la signature. Cette étape est effectuée en utilisant des techniques d'analyse en composantes principales et de « morphing » de séquences de forme prédéfinie. L'insertion de la signature s'effectue ensuite par addition d'une séquence aléatoire orientée, et la détection s'opère par corrélation. Les tests appliqués sur des objets vidéo indiquent que le schéma présenté permet la détection de la signature après des opérations telles que la réduction du débit, le sous-échantillonnage du masque associé à l'objet, ou encore des manipulations géométriques (rotations, changements d'échelle).

Tatouage, watermarking, MPEG-4, objets vidéo, manipulation, robustesse, ACP, morphing.

abstract and key words

This paper presents a watermarking scheme that embeds a signature in video objects for the MPEG-4 video standard. The different constraints associated with this standard are quite different from classical video watermarking schemes. The mark detection had to be achieved after different video object manipulations such as rotation or scaling operations. Principal component analysis and warping methods are used to enable the synchronization of the mark after geometric manipulations. The embedding of the mark is done adding an oriented random sequence and the detection of the mark is processed using a correlation criterion. The different results point out the fact that the presented scheme can detect the mark after bit-rate modification, object shape sub-sampling and geometric manipulations (scaling and rotations).

Watermarking, MPEG-4, video objects, manipulation, robustness, CPA, morphing.

1. introduction

Avec l'émergence du nouveau standard de compression de séquences vidéo MPEG-4, la place faite aux objets vidéo dans les applications multimédia est de plus en plus importante. La création d'effets spéciaux tels que les incrustations numériques, fait aujourd'hui intervenir des compositeurs de scènes qui permettent d'ajouter et de supprimer plusieurs objets d'une séquence.

Au sein de la norme MPEG-4, la description des objets vidéo (appelée VO pour Video Object) [EH00][FBP+98], distingue deux entités principales : l'information de texture représentée sous la forme d'une image classique, et l'information de forme représentée par un masque. Ce masque est codé par une image binaire et éventuellement une image de transparence appelée alpha-plane. Chaque VO peut être ensuite décomposé en une couche d'objet vidéo (appelé VOL pour Video Object Layer) qui représente les différentes scalabilités envisagées au niveau spatial et temporel. Enfin les plans d'objet vidéo (appelés VOP pour Video Object Plane) représentent les décompositions temporelles de chaque objet vidéo ; ils sont l'équivalent d'un plan dans une séquence vidéo classique.

Ces objets vidéo peuvent représenter la grande majorité du contenu de la scène vidéo comme par exemple un acteur principal. Ils possèdent donc une valeur importante qu'il convient de protéger car la création d'un objet vidéo, aussi bien au niveau du contenu que du masque est un élément qui possède une valeur artistique.

Le tatouage de documents, appelé en anglais watermarking, permet l'insertion d'une signature *indélébile* et *imperceptible* qui permet d'identifier l'auteur et/ou l'éditeur du contenu, et ainsi de répondre aux problèmes des droits d'auteurs. Au sein du groupe de normalisation MPEG-4, la couche IPMP (acronyme de *Intellectual Property Management and Protection*) offre une

interface pour la gestion des droits d'auteur. Ce comité envisage l'utilisation du tatouage afin de pouvoir tracer les contenus MPEG-4 [LRK98]. Il devient donc de plus en plus important de développer des schémas de tatouage spécifiquement dédiés à cette norme.

2. contraintes liées aux manipulations d'objets vidéo

Dans le cadre du tatouage d'objets vidéo, chaque VO est considéré comme une entité à part entière, c'est-à-dire pouvant être manipulé indépendamment des autres objets. L'objet doit être capable de porter une signature (tatouage) pouvant être détectable après une éventuelle manipulation de l'objet. De telles manipulations sont classiquement utilisées au sein d'un compositeur de scène MPEG-4 et peuvent être de plusieurs natures comme l'illustre la figure 1.

- La translation d'un objet vidéo dans la scène : c'est le cas classique de déplacement d'un logo ou d'un avatar sur un terminal vidéo.
- La rotation de l'objet vidéo.
- Le changement d'échelle de l'objet vidéo.
- L'incorporation d'un VO dans un autre VO : dans ce cas-ci la reconstitution de l'objet initial s'effectuera à la suite d'une nouvelle étape de segmentation.

Il est également important de préciser que la détection de la signature doit s'effectuer pour différents débits vidéo : dans la pratique en utilisant une vidéo au format CIF, on devra pouvoir détecter la signature pour des débits allant de plusieurs Mbit/sec à quelques centaines de Kbit/sec.

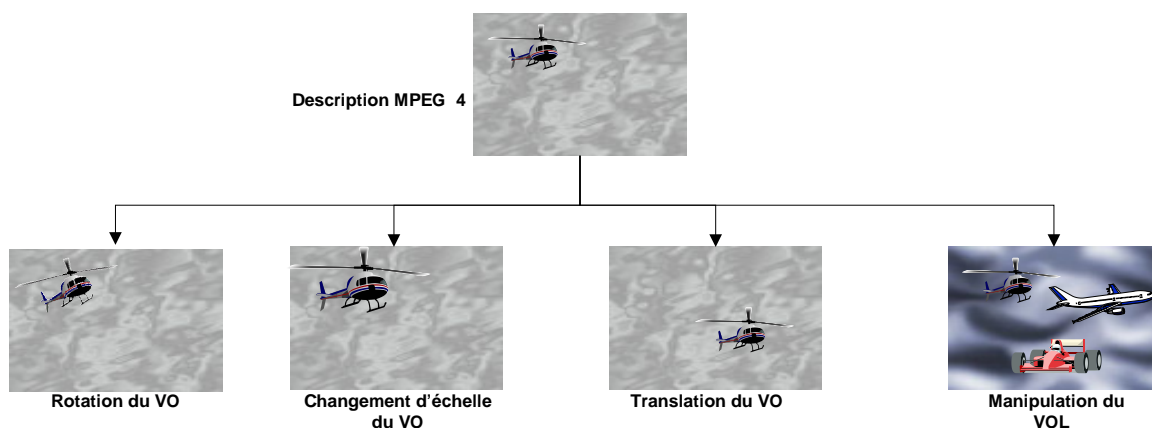


Figure 1. – Contraintes liées aux manipulations d'objets vidéo.

3. travaux précédents

Différentes approches ont été proposées dans le cadre du tatouage de flux vidéo MPEG-4.

Barni *et al.* ont présenté une méthode permettant de marquer directement les différents VOP d'une séquence [BCC00]. L'insertion de la signature s'effectue alors en modifiant des couples de coefficients DCT quantifiés au sein de chaque VOP. Ce schéma appartient à la classe des schémas substitutifs [Bas00] : la relation d'ordre entre le couple qui représente la valeur absolue des coefficients sélectionnée ($|c_1|; |c_2|$) est modifiée afin de pouvoir porter la signature. La détection de la signature s'effectue ensuite en calculant la somme :

$$S = \sum_{\text{paires}} |c_i| - |c_j|$$

Le signe de S donne alors la valeur du bit inséré. Il convient de noter que la localisation des macro-blocs marqués utilise une séquence pseudo-aléatoire ce qui rend la détection de la signature dépendante du format d'origine.

Piva *et al.* ont également développé un schéma d'insertion pour le tatouage de flux vidéo MPEG-4 qui opère après transformation par ondelettes [PCR00]. Ce schéma est un schéma d'insertion additif (ajout d'une séquence aléatoire sur un ensemble de l'espace transformé de l'image). La détection de la signature s'effectue classiquement par corrélation et nécessite la décompression de la vidéo. Cette détection peut être également effectuée après changement de format ou encore une translation de l'objet vidéo. À l'instar du schéma présenté précédemment, cette méthode de tatouage ne permet pas de détecter la signature après d'éventuelles manipulations d'objets.

4. schéma présenté

La méthode proposée est conçue de manière à permettre la détection de la signature après les manipulations d'objets présentées précédemment. Nous nous sommes principalement concentrés à mettre en œuvre un schéma de tatouage complètement automatique qui soit capable d'orienter et de mettre à l'échelle la signature en fonction de la forme de l'objet. Contrairement à des schémas de synchronisation utilisés en tatouage d'images fixes qui ajoutent une information permettant de retrouver la transformation géométrique [PP99][VHR01], nous avons voulu développer une approche où la signature insérée est directement liée au contenu de l'objet. Un tel schéma entre dans la catégorie des schémas de *seconde génération* [KBE99][BCM01] car il utilise le contenu de la scène pour permettre la synchronisation de la signature.

Pour plus de facilité de mise en œuvre, nous avons choisi de tatouer la séquence non compressée et non pas le flux MPEG-4 lui-même. Toutefois une partie les travaux qui sont présentés (orientation de la signature) peut être utilisé dans le cadre du tatouage de flux.

4.1. orientation de la signature

Afin de permettre la détection de la signature après des rotations d'objets vidéo, nous avons décidé d'orienter la signature à partir des orientations principales du VO. Pour cela, nous avons appliqué les outils de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur le masque binaire du VO afin de pouvoir déterminer les directions principales \vec{U} et \vec{V} de l'objet [GW87]. Les vecteurs \vec{U} et \vec{V} représentent les directions selon lesquelles la variance des données est maximale. Dans notre domaine, les données sont représentées par un ensemble de variables aléatoires à deux dimensions $m_i(x_i, y_i)$ appartenant au masque binaire de l'objet M . \vec{U} et \vec{V} sont alors définis comme étant les vecteurs propres de la matrice de covariance C de taille 2×2 d'expression :

$$C = E\{(M - \mu_M)(M - \mu_M)^T\}$$

avec $M = \{m_i\}$ (soit l'ensemble des points appartenant au masque de l'objet) et $\mu_M = E\{M\}$ (c'est-à-dire les coordonnées du barycentre du masque).

La direction principale du VO α_{ACP} représente alors l'angle entre le vecteur propre \vec{U} (associé à la valeur propre maximale) et la direction horizontale du plan :

$$\alpha_{ACP} = \langle \vec{i}; \vec{U} \rangle \text{ mod}(\pi)$$

\vec{i} représentant la direction associée aux lignes du VO.

La figure 2 illustre les différentes étapes nécessaires au calcul de α_{ACP} .

Ce traitement permet d'obtenir une orientation très précise de l'objet vidéo. Le tableau 1 présente la variation d'angle exprimée en degrés pour des rotations multiples de 20 degrés appliquées à l'objet vidéo « Bream ». Les résultats indiquent que cette estimateur est extrêmement précis (la précision est supérieure en moyenne au centième de degrés). D'autre part le coup de calcul de l'analyse en composante principal est extrêmement faible (le temps nécessaire au calcul de l'ACP d'un masque de plus de $3 \cdot 10^4$ points est inférieur à $5 \cdot 10^{-2}$ secondes sur un pentium 3 cadencé à 500 Mz). Un tel traitement peut alors être utilisé pour une application de tatouage en temps réel.



Figure 2. – Calcul des directions principales du VO.

Tableau 1. – Mesure d'orientation de l'objet vidéo par ACP.

angle (degrés)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
α_{ACP}	354.755	334.778	314.750	294.789	274.763	254.316	234.735	214.744	194.762
erreur (degrés)	0	0.022	0.033	0.007	0.439	0.020	0.010	0.007	

4.2. mise à l'échelle de la signature

Pour permettre la détection de la signature après une mise à l'échelle de l'objet vidéo, nous procédons à une étape de morphing qui permet d'adapter la signature à la taille et la forme de l'objet. Cette opération sera décrite en détail dans le prochain paragraphe.

5. schéma d'insertion

Le schéma d'insertion peut être vu comme un schéma de type additif avec la particularité que la signature est insérée dans le repère interne de l'objet en utilisant la géométrie de son masque. Ce schéma se décompose en six étapes différentes qui sont illustrées sur la figure 4 :

1. Le contour du VO est extrait à partir de son masque binaire. Dans le cadre de cette étude nous prenons comme hypothèse que le masque binaire est connexe. Dans le cas d'un masque non connexe, nous considérons uniquement la surface connexe la plus importante de l'objet. Afin de réduire les composantes haute-fréquence du contour obtenu, nous procédons préalablement à une ouverture morphologique. Ce contour est représenté par une courbe 2D paramétrée \mathcal{D} dont les points ont pour coordonnées $(o_x(t); o_y(t))$.

2. \mathcal{D} est ensuite filtrée de telle manière à obtenir une représentation basse fréquence \mathcal{D}_{BF} . Pour cela nous utilisons un filtre moyenneur dont la taille dépend de la taille du contour initial. Une seconde opération est ensuite appliquée afin de pouvoir obtenir une représentation polaire de \mathcal{D}_{BF} d'équation $\rho = f(\theta)$ (le point de coordonnées $\rho = 0$ correspond alors au centre de gravité de la courbe \mathcal{D}). La courbe obtenue \mathcal{D}_E est appelée une courbe étoilée (voir figure 3). Nous effectuons le filtrage basse-fréquence afin d'obtenir un schéma de tatouage qui soit robuste aux légères modifications de la forme de l'objet (compression du masque avec perte, nouvelle segmentation). La création de la courbe \mathcal{D}_{BF} est nécessaire pour l'opération de morphing (voir étape 4).

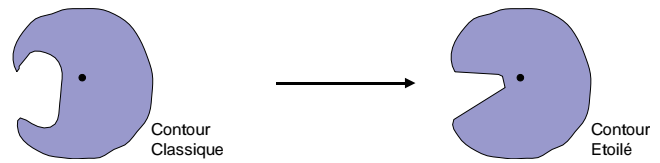


Figure 3. – Génération du contour étoilé

3. Une séquence aléatoire (notée S , composée d'un ensemble de $\{+1, -1\}$ étalé sur des blocs 2×2 , est générée à partir d'une clef secrète K . Un contour \mathcal{C} de forme circulaire et d'équation polaire $\rho = cte$ est associé à cette séquence, dans notre étude cte est égale à 64 pixels.

4. La séquence S est transformée en une séquence M après une étape de morphing de telle manière à ce que le contour circulaire \mathcal{C} se transforme en \mathcal{D}_E . Cette opération de morphing peut être vue comme un ensemble d'homothéties ayant un facteur d'échelle $s(\theta)$. Le point image $M(\rho, \theta)$ est alors défini par :

$$M(\rho, \theta) = s(\theta)S(\rho, d(\theta - \alpha_{ACP}))$$

avec

$$s(\theta) = \frac{\rho_{\mathcal{D}}(\theta)}{\rho_{\mathcal{C}}(d(\theta - \alpha_{ACP}))}$$

où $\rho_{\mathcal{D}}(\theta)$ et $\rho_{\mathcal{C}}(\theta)$ représentent respectivement les rayons associés aux courbes \mathcal{D}_E et \mathcal{C} pour un angle θ . L'angle α_{ACP} représente la valeur obtenue par ACP sur le masque binaire. L'entier $d \in \{-1; +1\}$ détermine un sens de parcours qui est également fonction du contenu de l'objet.

Le morphing utilise une étape d'interpolation par noyau splines cubiques afin de préserver au mieux les composantes fréquentielles de la signature.

5. La séquence M est ensuite pondérée par un masque dépendant de l'activité de la texture de l'objet. Nous avons utilisé un masque Laplacien pour obtenir une telle activité. La séquence obtenue sera ensuite appelée M_p .

6. M_p est finalement ajoutée à la texture de l'objet original pour former l'objet marqué.

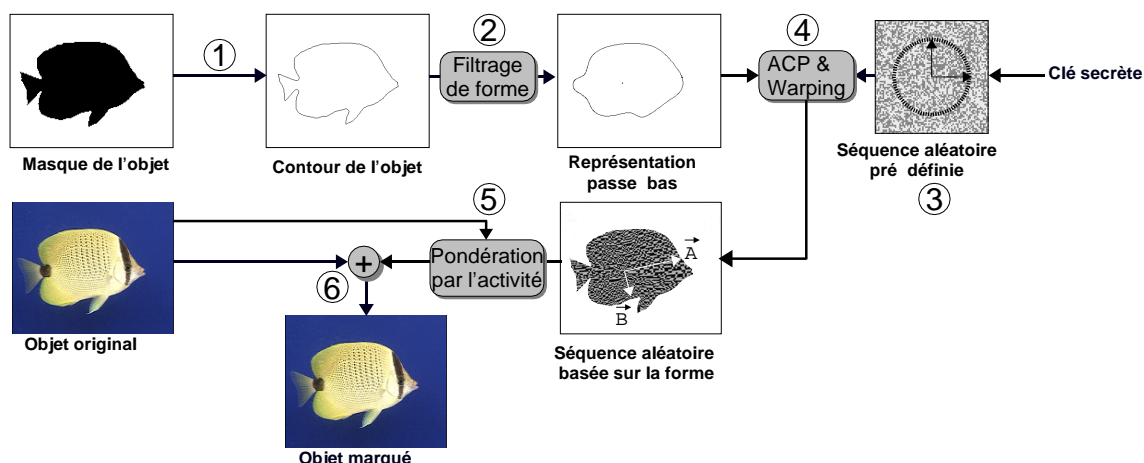


Figure 4. – Schéma d’insertion de la signature.

6. schéma de détection

Comme pour la plupart des schémas de tatouage additifs, la détection de la signature s’effectue en utilisant un critère de corrélation. Le schéma de détection peut être décomposé en cinq étapes illustrées sur la figure 5.

1. Comme lors de l’étape d’insertion de la signature, la séquence S associée au contour circulaire \mathcal{C} est générée à partir d’une clé secrète. La version basse-fréquence \mathcal{D}_{BF} est également générée à partir du contour de l’objet.
2. Nous transformons ensuite la texture de l’objet par une opération de morphing de telle manière à ce que le contour de l’objet transformé corresponde à \mathcal{C} . Cette opération est similaire à celle décrite dans la section précédente. On notera par O_m le produit de la transformation.
3. Une prédiction par filtrage de Wiener est ensuite appliquée sur O_m afin de pouvoir minimiser la contribution de la texture

de l’objet originale pour le calcul de la corrélation [HPG99] :

$$\widehat{W}(i, j) = \frac{V_l[W(i, j)]}{V_l[W(i, j)] + V_l[O_m(i, j)]} [O_m(i, j) - M_l[O_m(i, j)]]$$

ou V_l et M_l représentent respectivement la variance locale et la moyenne locale du signal considéré.

4. La valeur de corrélation $corr$ entre \widehat{W} et W est ensuite calculée :

$$corr = \sum_{(i,j) \in O} \widehat{W}(i, j)W(i, j)$$

5. La valeur de $corr$ est stockée dans une variable d’accumulation $corr_A$ initialisée à 0. $corr_A$ est ensuite comparé à un seuil dépendant lui même d’une probabilité de fausse-alarme (noté $\eta(p_{fa})$). Si $corr_A > \eta(p_{fa})$, on peut alors affirmer que la signature est présente dans l’objet.

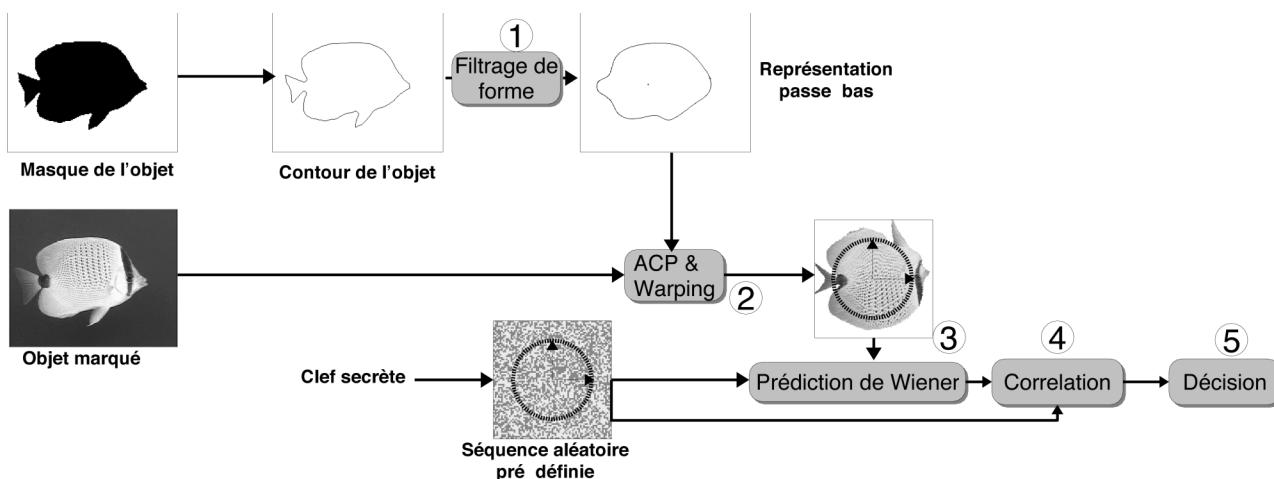


Figure 5. – Schéma de détection de la signature.

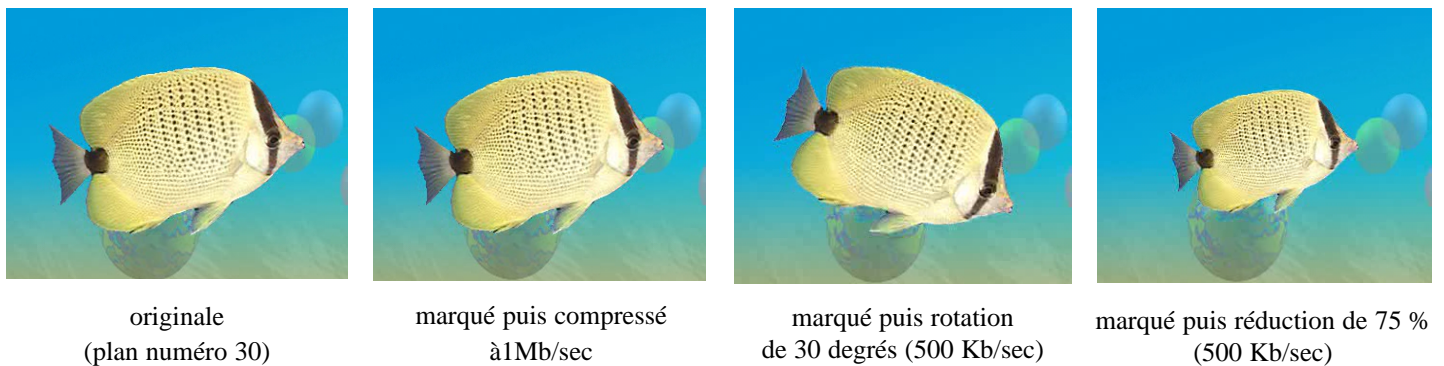


Figure 6. – Différentes configurations testées.

7. résultats

Nous avons testé le schéma présenté sur la séquence « Bream », composée de 300 plans au format CIF (352 × 288). Cette séquence est constituée de deux objets vidéos : un poisson (VO1) d'une part, dont la fenêtre englobante est comprise entre 272 × 185 et 110 × 216, l'aquarium d'autre part (VO2), qui remplit le fond de la scène.

La décision finale s'effectue à partir de la somme des corrélations obtenues pour chaque VOP de la séquence. On considère alors la valeur :

$$corr_A = \sum_{i=1}^{300} corr(i) > \lambda(P_{fa})$$

Nous avons voulu évaluer la robustesse du schéma proposé face à des opérations classiques de compression de type MPEG-4 (diminution du débit, codage du masque avec perte), mais aussi des manipulations géométriques de l'objet VO1 telles que les rotations ou les changements d'échelle (voir figure 6).

7.1. estimation du seuil de décision $\lambda(P_{fa})$

Une analyse statistique de notre schéma de détection permet de déterminer la valeur $\lambda(P_{fa})$.

Nous avons cherché à estimer la loi de probabilité de la variable aléatoire $X = corr(k_1, k_2)$ où k_1 et k_2 représentent deux clefs distinctes qui ont servi respectivement à l'insertion et la détection de la signature.

X représentant une somme d'éléments indépendants (corrélations), nous avons choisi de modéliser la loi empirique de probabilité de X par une loi gaussienne $\mathcal{N}(m, \sigma^2)$ où m et σ^2 représentent respectivement l'estimation de la moyenne et de la variance de X . La densité de probabilité $\rho_N(y)$ d'une variable aléatoire gaussienne Y est donnée par :

$$\rho_N(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y-m}{\sigma} \right)^2 \right]$$

La loi de probabilité de la variable Y s'écrit alors en fonction de la densité de probabilité $\rho_N(y)$:

$$P(X \leq x) = \Pi \left(\frac{y-m}{\sigma} \right)$$

où

$$\Pi(y) = \int_{-\infty}^y \rho_N(y) dy$$

À partir d'un jeu de 6000 clefs, nous avons calculé l'estimation de la moyenne \hat{m} et de la variance $\hat{\sigma}^2$.

Le calcul de $\lambda(P_{fa})$ à partir de la variance $\hat{\sigma}^2$ est donné par la relation :

$$\eta(P_{fa}) = \sqrt{N} \hat{\sigma} (u + \hat{m})$$

où u est le paramètre correspondant à une loi gaussienne centrée réduite et N le nombre de plans de la séquence. Le tableau 2 représente différentes valeurs $\lambda(P_{fa})$ en fonction de la probabilité de fausse alarme.

Tableau 2. – Calcul du seuil $\lambda(P_{fa})$ pour les différentes probabilités de fausse alarme.

P_{fa}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
u	3.71	4.26	4.75	5.19
$\lambda(P_{fa})$	64	73	82	90

7.2. réduction du débit

L'objectif de ce test est de vérifier la robustesse du schéma présenté lorsque l'on désire diminuer le débit réservé au flux MPEG-4. La figure 7 illustre les résultats de détection pour une séquence de bonne qualité (débit de 1 Mbit/sec) et pour une séquence de qualité médiocre (débit de 300 Kbit/sec). Dans les

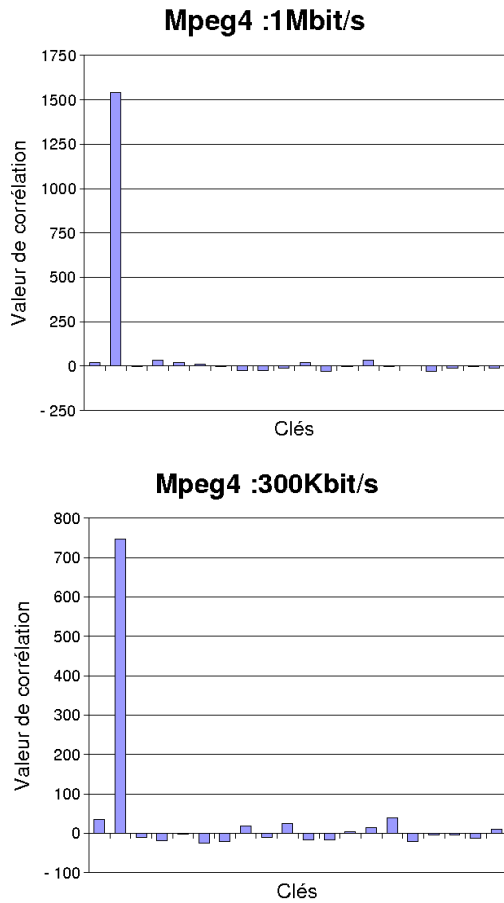


Figure 7. – Valeurs de corrélation pour deux débits de 1 Mbit/s et 300 Kb/sec (l'objet vidéo a été préalablement marqué avec la clé 1).

deux cas, la valeur de corrélation correspondant à la clé ayant servi au marquage est nettement supérieure au seuil $\lambda(P_{fa})$: la signature peut donc être facilement détectée.

7.3. sous-échantillonnage du masque

Le standard MPEG-4 utilise une méthode de codage sans perte (codage arithmétique basé sur le contexte [BE97]) afin de coder au mieux la forme de masque binaire qui est associé à chaque objet vidéo. Il existe également un mode de codage avec perte qui est basé sur le sous-échantillonnage de la forme. Nous avons donc voulu calculer les valeurs de corrélation pour des versions sous-échantillonnées du masque d'un facteur 2 et 4 (voir figure 8). Les résultats sont illustrés sur la figure 9.

La détection de la signature est alors tout à fait possible pour un débit relativement faible (500 Kbit/sec) sur la séquence test. Le schéma présenté permet donc de détecter une signature même lorsque de l'on modifie grossièrement la forme de l'objet vidéo car l'insertion de la signature utilise une version basse-fréquence de cette forme.



Figure 8. – Effet de codage avec perte sur le codage du masque.

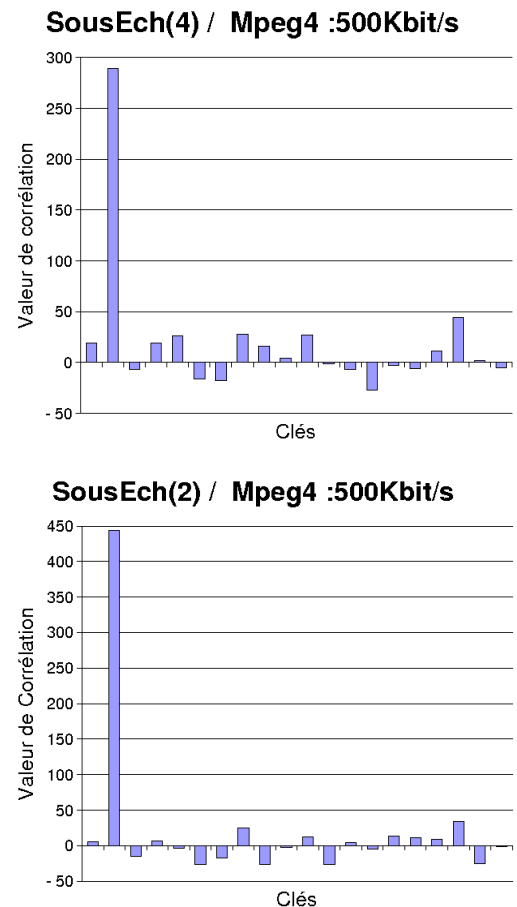


Figure 9. – Valeurs de corrélation après sous-échantillonnage (l'objet vidéo a été préalablement marqué avec la clé 1).

7.4. rotations d'objets vidéos

Afin de tester la capacité de notre schéma à pouvoir détecter une signature après une rotation de l'objet vidéo, nous avons généré une nouvelle séquence à partir des objets vidéo présents dans la séquence initiale « Bream ». Pour cela nous avons remplacé chaque VOP1 (le poisson) de la séquence par une version ayant subi une rotation de i degrés, i représentant également le numéro d'apparition du VOP.

Les courbes de corrélation (cf. figure 10) indiquent clairement que la signature peut être détectée après une telle manipulation,

Rotation de l'objet / Mpeg4 :500Kbit/s

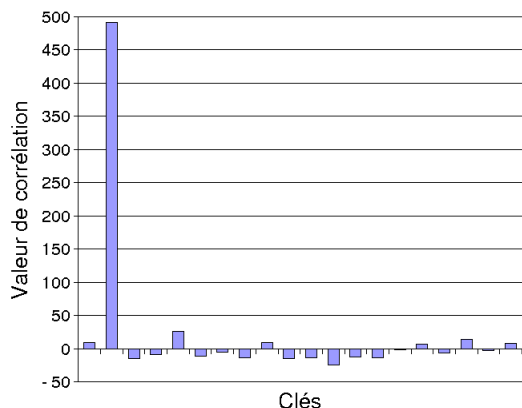


Figure 10. – Valeurs de corrélation après application de rotation sur l'objet vidéo. Le $i^{\text{ème}}$ VOP subit une rotation de i degrés.

Chgt d'échelle 75% - Mpeg4 :500Kbit/s

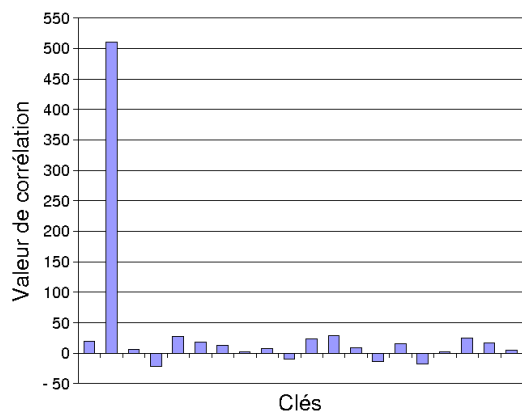


Figure 11. – Valeurs de corrélation après changement d'échelle de l'objet vidéo (l'objet vidéo a été préalablement marqué avec la clé 1).

ces résultats permettent de prouver l'efficacité des outils utilisés pour orienter la signature.

7.5. changements d'échelle d'objets vidéo

Nous avons finalement désiré tester la robustesse du schéma présenté face aux changements d'échelle appliqués aux objets vidéo. Pour cela nous avons appliqué une réduction de 75 % à chaque VOP de la séquence test. La courbe de résultat (illustrée sur la figure 11) souligne la robustesse de ce schéma aux opérations de changement d'échelle de l'objet vidéo et permet de valider l'étape de morphing utilisée lors de l'insertion et de la détection de la signature.

8. conclusion et perspectives

La principale idée développée dans cet article est l'utilisation des caractéristiques géométriques d'un objet vidéo représentées par des directions privilégiées afin de permettre l'orientation puis la détection de la signature. Un tel schéma s'inscrit donc dans la catégorie des techniques de tatouage de seconde génération: la signature est intrinsèquement liée au contenu de l'objet et l'utilisation de la forme de l'objet permet la détection de la signature après des transformations géométriques.

Cette nouvelle technique de tatouage est d'une mise en œuvre simple et profite des outils développés dans le cadre des schémas de tatouages additifs. Elle permet la détection de la signature après diverses manipulations d'objets vidéo.

Enfin cette approche amène plusieurs perspectives comme le développement de schémas capables d'effectuer l'insertion et la détection de la signature dans un domaine transformé (flux compressé).

BIBLIOGRAPHIE

- [Bas00] P. Bas, *Méthodes de tatouages d'images fondées sur le contenu*. PhD thesis, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 2000. manuscrit available on <http://cepax6.lis.inpg.fr/these/Th-Bas.html>.
- [BBCC00] P. Barni, F. Bartolini, V. Capolini, and N. Checcacci. Object watermarking for mpeg-4 video streams copyright protection. In *ET'2000: Security and Watermarking of Multimedia Content II*, volume 3971 of *SPIE Proceedings*, pages 465-476, San Jose, California USA, janv 2000.
- [BCM01] P. Bas, J.-M. Chassery, and B. Macq. Image watermarking : an evolution to content based approaches. *Pattern Recognition, Special Issue on Image/Video Communication edited by D.Aboutajdine, to be published*, 2001.
- [BE97] F. Bossen and T. Ebrahimi. A simple and efficient binary shape coding based on bitmap representation. In *Proceeding of ICASSP*, volume 4, pages 3129-3132, April 1997.
- [EH00] T. Ebrahimi and C. Horne. Mpeg-4 natural video coding – an overview. *Signal Proceeding*, 15(4-5) : 365-385, 2000.
- [FBP+98] P. Fleury, S.K. Bhattacharjee, L. Pirons, T. Ebrahimi, and M. Kunt. Mpeg-4 video verification model : a solution for interactive multimedia applications. *SPIE Journal of Electronic Imaging*, 7(3) : 502-515, 1998.
- [GW87] R. C. Gonzalez and P. Wintz. *Digital Image Processing*. Addison Wesley, 1987.
- [HPG99] J. R. Hernandez and F. Perez-Gonzalez. Statistical analysis of watermarking schemes for copyright protection images. *Proceedings of the IEEE*, 87(7) : 1142-1143, July 1999.
- [KBE99] M. Kutter, S.K. Bhattacharjee, and T. Ebrahimi. Towards second generation watermarking schemes. In *IEEE-ICIP'99*, volume I, pages 320-323, Kobe (Japan), October 1999.
- [LRK98] Jack Lacy, Niels Rump, and Panos Kudumakis. Mpeg-4 intellectual property management & protection (ipmp) overview & applications document. Technical report, MPEG-4, December 1998.
- [PCR00] A. Piva, R. Caldelli, and A. De Rosa. A dwt-based object watermarking system for the mpeg-4 video streams. In *IEEE-ICIP'00*, pages 5-9, Vancouver, Canada, September 2000.

[PP99] Shelby Pereira and Thierry Pun. Fast robust template matching for affine resistant image watermarking. In *International Workshop on Information Hiding*, volume LNCS 1768 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 200-210, Dresden, Germany, 29 September – 1 October 1999. Springer Verlag.

[VHR01] S. Voloshynovskiy, A. Herrigel, and Y. B. Rytsar. Watermark template attack. In Ping Wah Wong and Edward J. Delp, editors, *EI'2001 : Security and Watermarking of Multimedia Content III*, SPIE Proceedings, San Jose, California USA, 22-25 jan 2001.

Manuscrit reçu le 18 avril 2001

LES AUTEURS

Patrick BAS



Patrick BAS a reçu son diplôme d'ingénieur électricien de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG) en 1997 et son diplôme de docteur de l'INPG en 2000.

Pendant cette période, il fut membre du Laboratoire des Images et des Signaux de Grenoble (LIS), où il a travaillé sur le tatouage d'images fixes. De 2000 à 2001, Patrick BAS fut membre du Laboratoire de Télécommunication et de Télédétection de l'Université catholique de Louvain en Belgique. Actuellement, Patrick BAS est chargé de recherche CNRS au laboratoire LIS. Ses thèmes de recherche regroupant le tatouage et le codage d'images et de séquences vidéo, ainsi que la création de contenus multimédia augmentés.

Benoît MACQ



Benoît MACQ, professeur à l'Université Catholique de Louvain (Belgique), est actuellement à la tête d'une équipe de 25 personnes impliquées dans le traitement d'image dans le Laboratoire de Télécommunication et de Télédétection.

B. Macq a participé aux programmes RACE Hivits, COST 211bis, ter et quad, ainsi qu'aux groupes de normalisation MPEG-2 et MPEG-4. Il a également participé et organisé plusieurs projets européens portant sur le tatouage et l'accès sécurisé. B. Macq est relecteur de plusieurs revues scientifiques IEEE dans les domaines de traitement du Signal et des Images, il a également été éditeur invité de la revue « *Proceedings of the IEEE* » ainsi que du journal « *Signal Proceeding* » sous des sujets liés au tatouage de contenus multimédia.