

Watermarking et couleur: étude de différents espaces de représentation couleur

Alice Parisis
Philippe Carré
Christine Fernandez-Maloigne

Laboratoire IRCOM-SIC (UMR CNRS 6615), Université de Poitiers, Bât. SP2MI, BP 30179, 86962 Futuroscope
Cedex

alice.parisis@etu.univ-poitiers.fr,

Résumé

Le tatouage est un sujet de recherche qui s'est considérablement développé pendant ces dix dernières années, particulièrement avec l'avancement des technologies et d'Internet. Aujourd'hui, beaucoup d'algorithmes et de méthodes de tatouages d'images en niveaux de gris utilisant la transformée en ondelettes ont été créés. Mais la prise en compte de la couleur doit encore être étudié. Cette transformée en ondelettes permet différentes possibilités d'intégration d'une marque par l'utilisation de différents paramètres : l'échelle de décomposition, la taille, la forme et la localisation de la marque, et l'espace couleur de travail. C'est ce dernier point que nous allons développer dans cet article à travers une étude systématique de différentes images soumis à différentes combinaisons de marquages.

Introduction

L'évolution des techniques sur Internet et les moyens informatiques ont rendu nécessaire l'étude de nouvelles protections du droit d'auteur. Beaucoup de techniques, utilisant la transformée en ondelettes, ont été définies pour des images en niveaux de gris. Le but de ce travail est de généraliser ces techniques aux images couleur.

Nous présentons dans un premier la méthode utilisée. Puis nous développerons les résultats obtenus lors d'une étude systématique de différentes images couleur ayant subies divers marquages, en particulier en travaillant dans différents espaces de représentation couleur: *RGB*, *XYZ*, *Lab* et *YIQ*.

1. La méthode proposée

La méthode choisie repose sur l'utilisation de la transformée en ondelettes[2]. La théorie des ondelettes est commune à celle des bancs de filtres. L'idée est de séparer le signal original en plusieurs bandes de fréquences (basse-fréquence et haute-fréquence), pour mieux le compacter et le transmettre. La partie passe-bas donne une représentation compactée de l'image initiale. Cette partie passe-bas peut être décomposée plusieurs fois et ces décompositions successifs correspondent aux « échelles » de décomposition. Pour reconstruire le signal, il faut 'rassembler' ces diverses bandes.

L'algorithme utilisé est une extension de la technique de Kundur et Hatzinakos [1]. Il permet de tatouer des images en niveaux de gris en utilisant la décomposition en ondelettes. Le principe de cet algorithme suit le schéma suivant :

- Décomposition en ondelettes: Nous obtenons trois sous-images correspondant aux hautes fréquences;
- Tri: pour chaque coordonnée de ces trois imagerie, nous classons les trois coefficients : $f_1 < f_2 < f_3$;
- Intégration de la marque: la marque est composée de bits ('0' ou '1'). Si le bit est '0', f_2 est redéfini à une

distance *paire* de n fois $\Delta = \frac{f_3 - f_1}{2K - 1}$, n permettant de

donner au nouveau f_2 une valeur aussi proche que possible de sa valeur initiale. Si le bit est '1', f_2 est redéfini à une distance *impaire* de n fois Δ . K correspond à la force de tatouage: plus K est faible, plus la robustesse de la marque est grande.

- Reconstruction de l'image par transformée en ondelettes inverse en tenant compte des nouveaux coefficients f_2 .

La base utilisée pour la décomposition correspond à l'ondelette 'Daubechies D8' [2]. La robustesse est évaluée par un coefficient de corrélation, noté CC, pour des images tatouées puis compressées par une méthode JPEG ($-1 < CC < 1$). Ce coefficient de corrélation est la corrélation entre la marque initiale et la marque détectée. Un tatouage sera qualifié de bonne qualité si l'image n'est pas visiblement dégradée, et si le coefficient $CC > 0,35$.

L'adaptation de cette méthode à des images couleur consiste à intégrer une marque à un, deux ou aux trois composantes couleur pour chaque espace de représentation couleur avec différentes combinaisons de force de la marque.

Le problème de la dégradation de l'image peut être résolu par l'utilisation d'un tatouage de seconde génération [3]. Dans ce cas, nous adaptons la marque aux caractéristiques de l'image : cela permet de ne pas marquer les zones sensibles de l'image couleur. Pour cela, nous pouvons pré-segmenter l'image afin de déterminer les zones contenant la majorité de l'énergie de l'image.

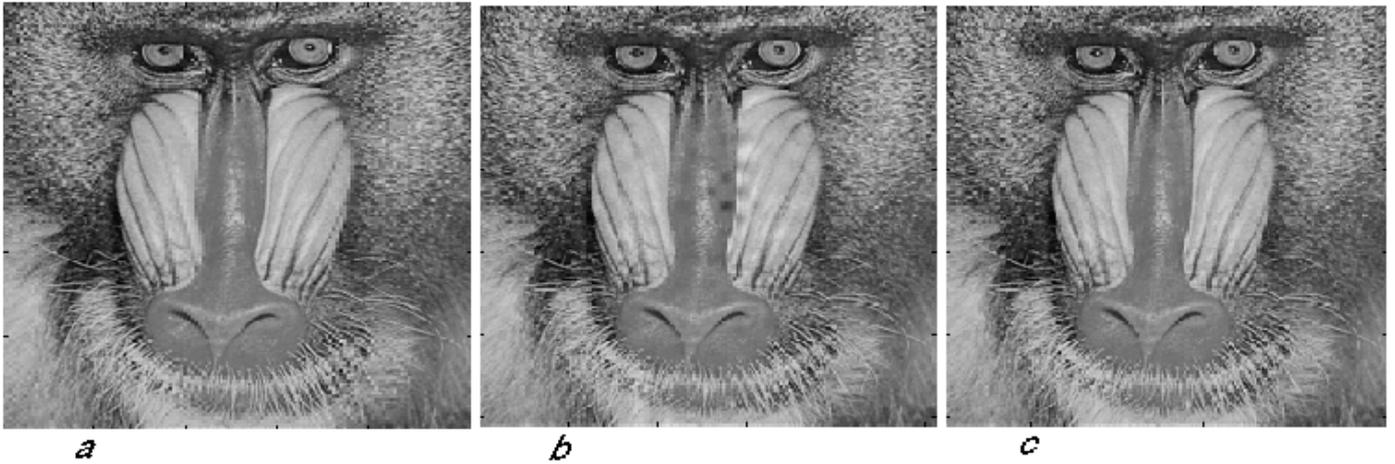


Figure 1 : exemple de tatouage : résultat pour l'espace YIQ ; a) image originale ; b) composante I tatouée avec $K=1$ et Y avec $K=4$; c) composante Q marquée avec $K=1$ et Y avec $K=4$;

Y		I		Q		
Watermark	CC	Watermark	CC	Watermark	CC	Résultat visuel
$K=4$	0,39	$K=1$	0,7	Aucun	-	Dégradation
$K=4$	0,47	Aucun	-	$K=1$	0,36	Pas de dégradation

Figure 2: mesure de la robustesse correspondant aux résultats de la figure 1.

2. Résultats expérimentaux

Afin de quantifier la qualité des différentes stratégies de marquage, nous avons fait varier la force du tatouage et la ou les composante couleur marquée, cela pour différentes images couleur. Par exemple, cf. figures 1 et 2, sui présentent des résultats pour une image couleur tatouée dans l'espace YIQ .

Etudions les différents résultats obtenus

- Espaces chromatiques

Les espaces chromatiques sont définis par trois composantes couleur. Pour RGB et XYZ , nous avons constaté que la seconde composante, basée sur le vert, supporte le mieux une marque. C'est-à-dire qu'elle est la plus robuste et que la dégradation de l'image créée reste faible.

Ces espaces permettent d'obtenir un bon compromis entre invisibilité and robustesse.

- Espaces achromatiques

Les espaces achromatiques sont définis par une composante de luminance et deux composantes couleur. Les résultats sont particulièrement intéressants pour ces espaces. En effet, pour l'espace Lab , les deux composantes couleur a ou b (mais pas les deux simultanément) peuvent être marquées avec une force importante sans introduire de dégradation de l'image. Pour l'espace YIQ , la composante Q peut aussi être marquée avec une force importante. En revanche, marquer la composante I altère facilement l'image. Enfin, la première composante (luminance) L de Lab et Y de YIQ , peut être marquée en tant que sécurité supplémentaire.

Les résultats pour ces deux espaces sont particulièrement de qualité. Les tatouages intégrés en utilisant ces deux espaces sont robustes et ne dégradent pas les images (figure 1.c).

3. Discussions

Dans son article [4], Kutter *et al* ont proposé de marquer la composante bleue qui correspond à la partie du système visuel humain le moins sensible aux variations. Toutefois l'étude présentée ici montre que la robustesse du marquage de cette composante n'est pas suffisante pour offrir un minimum de sécurité. La composante verte est probablement la plus robuste: pour le système visuel humain, les yeux sont moins sensibles au vert. Ainsi, la marque est plus robuste dans cette partie du spectre. Pour les espaces achromatiques, les résultats observés peuvent être expliqués par la visualisation du diagramme de chromaticité xy , cf. figure 3.

Ces hypothèses sont basées sur le fait que la distance ne sera pas perçue de la même façon par l'œil humain suivant la zone du diagramme considérée. Etudions le diagramme de chromaticité correspondant à l'espace XYZ : diagramme xy . Sur celui-ci, nous pouvons noter qu'une même distance entre deux nuances de bleue ou de vert sera moins visible pour le vert que pour le bleu. Donc dans le cadre d'un tatouage, une modification dans l'espace transformée d'un pixel associé à la composante verte sera moins visible que pour la composante bleue. C'est le même principe que nous utilisons pour expliquer les résultats des espaces Lab et YIQ . a représente l'opposition entre le vert et le rouge et b l'opposition entre le bleu et le jaune. I est l'opposition entre le rouge et le bleu-vert, et Y l'opposition entre le vert et le bleu-rouge. La dynamique offerte par la composante Y (en grande partie dans la zone verte du spectre) est plus forte que pour la composante I .

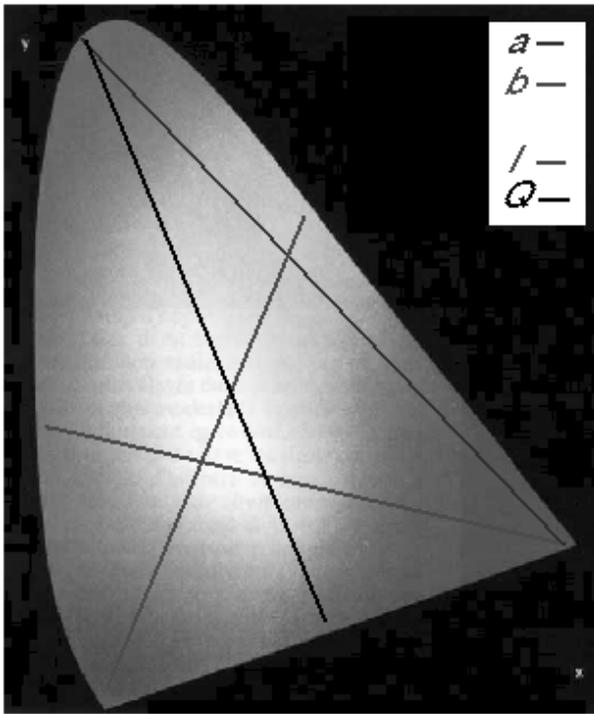


figure 3: digramme de chromaticité xy avec la représentation de la disparité des composantes a, b, I et Q

Conclusion – A venir

D'après les résultats obtenus dans les espaces chromatiques, la composante verte apparaît être le meilleur support pour un tatouage. Pour les espaces achromatiques, nous pouvons obtenir des tatouages satisfaisants sans dégradation et avec une robustesse suffisante.

Le choix de l'espace de travail peut donc améliorer la qualité du tatouage. Par exemple, l'espace de représentation *YIQ* offre moins de dégradation de l'image que l'espace *RGB* suivant cette méthode, pour une robustesse équivalente.

Nous pouvons améliorer ces résultats en utilisant un tatouage de seconde génération, reposant sur une pré-segmentation.

Par la suite, ces résultats de tatouage seront complétés par l'usage de différents types d'attaques. La réalisation des diagrammes de chromaticité des espaces *Lab* et *YIQ* devront confirmer les hypothèses présentées dans la discussion. Leur observation permettra de comparer la dynamique réelle de chacune des composantes concernées.

Bibliographie

- [1] D. Kundur et D. Hatzinakos, « *Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition* », *Proceedings of IEEE ICASSP '98*, vol. 5, pages 2969 - 2972, Seattle, WA, USA, Mai 1998.
- [2] S. Mallat, « *A wavelet tour of signal processing* », Academic Press, 1997.
- [3] M. Kutter, S. K. Bhattacharjee et T. Ebrahimi, « *Towards Second Generation Watermarking*

Schemes », 6th International Conference on Image Processing (ICIP'99), Kobe, Japon, Vol. 1, 25-28 Octobre 1999.

[4] M. Kutter, F. Jordan et F. Bossen, « *Digital watermarking of color images using amplitude modulation* », *Journal of Electronic Imaging*, 7(2) :326-332, Avril 1998.