HAL
open science

Représentation orientée-tesselle d'images de mosaïques anciennes

Lamia Benyoussef, Stéphane Derrode

To cite this version:

Lamia Benyoussef, Stéphane Derrode. Représentation orientée-tesselle d'images de mosaïques anciennes. GRETSI'09, Sep 2009, Dijon, France. hal-00437096

HAL Id: hal-00437096

https://hal.science/hal-00437096

Submitted on 29 Nov 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Représentation orientée-tesselle d'images de mosaïques anciennes

Lamia BENYOUSSEF et Stéphane DERRODE

Institut Fresnel (CNRS UMR 6133) & École Centrale Marseille,
Technopôle de Château-Gombert. 8, rue Frédéric Joliot Curie,
13451 Marseille Cedex 20, France.
Tél : 04 91 28 28 49 - Fax : 04 91 28 80 67
prenom.nom@centrale-marseille.fr

Résumé – L'application concerne l'archivage efficace d'images numérisées de mosaïques anciennes que l'on retrouve dans différentes régions du monde comme l'Italie et la Tunisie. L'idée principale consiste à proposer une description des mosaïques qui soit orientée tesselle et non pas orientée pixel. Pour cela nous avons développé une méthode robuste d'extraction des tesselles qui tient compte des nombreux artéfacts provenant, d'une part, de l'ancienneté des mosaïques et, d'autre part, de leur structure irrégulière organisée selon la composition de l'artiste. Nous proposons alors un format de fichier orienté tesselle dédié au codage des images de mosaïques. Ainsi le flux des tesselles peut être organisé spécifiquement pour une application donnée comme, par exemple, la transmission progressive des cellules à travers un réseau avec un ordre de priorité basé sur le contenu sémantique de la scène. L'intérêt de cette représentation est illustré par une application de codage/décodage d'images de mosaïques et par une première ébauche d'un système d'indexation d'objets. À plus long terme, l'objectif est de construire un catalogue numérique consultable à distance et un système d'indexation performant qui permette la comparaison entre les sites archéologiques.

Abstract – The work concerns the efficient archiving of digitized pictures of ancient mosaics, which can be found in several countries, *i.e.* Italy and Tunisia. The main idea is to propose a tile-oriented description of mosaics rather than a pixel-oriented one. For this reason, we developed a robust method to extract tessellas which takes into account numerous artifacts coming from, on the one hand, the age of mosaics and, on the other hand, their irregular structure which is organized according to the artist's composition. Then, we propose a tessella-oriented file format dedicated to the coding of mosaic pictures. So the stream of tessellas in the file can be specifically organized for a given application as, for example, the progressive transmission of cells with an order of preference based on the scenery contents. The interest of this representation is illustrated with an application of mosaic images coding/decoding and by a first draft of an indexing system of mosaic objects. One long-term objective is to construct a remote numerical catalogue available for consultation and an efficient indexing system which will allow the comparison between several archeological sites.

1 Introduction

Dans cet article, nous montrons une application des techniques de traitement d'image numérique pour l'archivage d'images de mosaïques antiques. De grandes collections de mosaïques anciennes ont été constituées par des musées, essentiellement du bassin méditerranéen [6, 2, 4]. La mosaïque était abondamment utilisée pendant l'Antiquité pour la décoration intérieure des maisons et des temples. Elle est en particulier associée aux sites romains (Italie, Tunisie, Grèce…) bien conservés tels Pompéi ou Herculanum. Cependant, la mosaïque a poursuivi son extension au moyen âge, en particulier chez les Byzantins avec des représentations picturales ornant les murs de basiliques.

Ces mosaïques peuvent représenter soit des portraits de petite dimension, soit des scènes complexes de grandes dimensions où figurent Hommes, animaux, objets du quotidien… Les mosaïques sont constituées de tesselles liées par un ciment, dans une organisation soigneusement choisie par l'artiste pour mettre en valeur les lignes directrices de sa composition, *cf.* Fig. 1. Le travail présenté ici fait partie d'un projet d'envergure qui consiste à développer un système complet d'indexation et de recherche par le contenu d'images de mosaïques anciennes. De tels outils d'analyse peuvent aider les archéologues dans la construction de catalogues numériques en proposant des outils de recherche par l'exemple, pour réaliser des comparaisons à distance entre sites archéologiques.

On trouve dans la littérature très peu de travaux sur ce type d'image. Dans [10], les auteurs développent une méthode pour la restauration des images de mosaïques médiévales. Un premier système d'indexation et de recherche par le contenu d'images de mosaïques anciennes a été proposé dans [8]. Dans ce travail, les efforts se sont concentrés sur les aspects de reconnaissance de formes, en utilisant une description invariante des objets sémantiques présents dans les scènes basée sur la transformée de Fourier-Mellin [5, 3]. Les objets sémantiques sont extraits en utilisant une segmentation statistique et des opérateurs morphologiques. Cependant, l'extraction d'objets reste

FIGURE 1 – Une mosaïque ancienne, ©Musée du Bardo (Tn).

difficile en raison des nombreux artéfacts, décrits ci-dessous, que l'on observe sur les mosaïques anciennes.

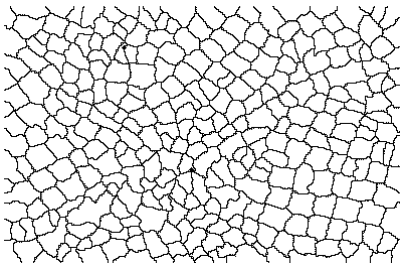
Un tel système doit reposer sur une représentation efficace des images de mosaïques, et en particulier sur une description individualisée des objets sémantiques présents dans la scène. Dans ce article, nous proposons une stratégie orientée cellule pour l'analyse de telles scènes, qui est radicalement différente de la méthodologie orientée pixel proposée dans le travail précédent [8]. Pour cela, nous avons récemment proposé un algorithme robuste d'extraction des tesselles [1], basé sur les outils de la morphologie mathématique [7, 9], qui tient compte des artéfacts spécifiques de ces images dont

- l'ombre portée des tesselles sur le réseau de ciment qui se situe en retrait par rapport aux éléments en marbre ;
- la structure irrégulière des tesselles qui ne sont pas alignées sur une grille régulière mais en fonction de lignes directrices définies par l'artiste ;
- l'absence ou la détérioration de certaines tesselles aux endroits endommagés des mosaïques.

La méthode d'extraction que nous avons développée est basée sur l'algorithme de « Ligne de Partage des Eaux » (LPE) [7], précédé par trois pre-traitements de l'image ordonnancés selon le schéma de la Fig. 3. Le but de ces pré-traitements est de présenter à l'algorithme LPE une image potentielle identifiant les tesselles comme les cuvettes de captage et le réseau comme une crête traversant l'image entière.

À partir de l'identification individuelle des tesselles, *cf.* Fig. 2(b), il devient possible de proposer une méthode de description orientée tesselle, et non plus pixel, des images de mosaïques. L'algorithme de representation avec perte que nous proposons tient compte de la spécificité des mosaïques, en particulier de la forme irrégulière et de la couleur uniforme des tesselles, et est donc entièrement dédié à ce type d'images. La section 2 décrit le format de codage de mosaïques que nous avons désigné par `cms`, la section 3 présente quelques résultats

(a)



(b)

FIGURE 2 – (a) Zoom sur la tête du cerf de la Fig. 1 ($L = 394$ et $C = 255$). (b) Extraction des tesselles résultant du traitement présenté dans la Fig. 3 (depuis [1]).

de codage et la section 4 dresse un bilan et propose quelques perspectives à ce travail.

2 Codage des images de mosaïques

Nous décrivons dans cette section un schéma de codage, appelé `cms` pour *Compressed MoSaic*, des images de mosaïques qui permet de générer une représentation compacte et facile à manipuler pour les applications de consultation visées. Nous considérons ici que toutes les tesselles ont été labelisées par la méthode décrite dans [1], *i.e.* nous pouvons accéder aux coordonnées de tous les pixels figurant dans l'une quelconque des tesselles. Les pixels n'appartenant pas à une tesselle sont assignés au fond.

Soit I une image mosaïque de dimensions $L \times C$, construite de N tesselles colorées. L'algorithme proposé est basé sur les deux remarques suivantes :

- une tesselle n, $n \in [1, N]$, est un morceau de marbre de couleur uniforme. Ainsi un vecteur de trois intensités (R_n, G_n, B_n) permet de décrire la couleur de la tesselle n. Cette dernière est estimée par la couleur moyenne des pixels de la tesselle.
- L'intensité du ciment, d'un gris moyen, n'est pas uniforme dans l'image à cause des ombres des tesselles et des traces organiques comme des mousses. Ces variations de teintes ne sont pas l'œuvre de l'artiste. Nous codons donc le ciment par une couleur moyenne (R_b, G_b, B_b) que nous estimons en calculant la valeur moyenne du réseau détecté.

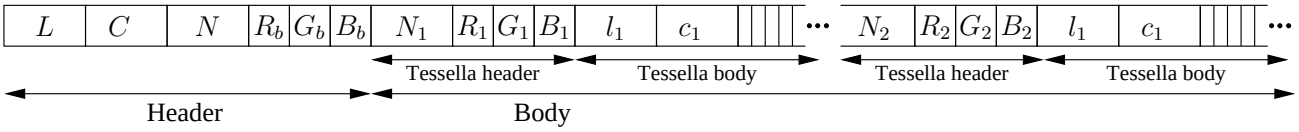


FIGURE 4 – Synoptique du format `cms` (sans codage de Huffman).

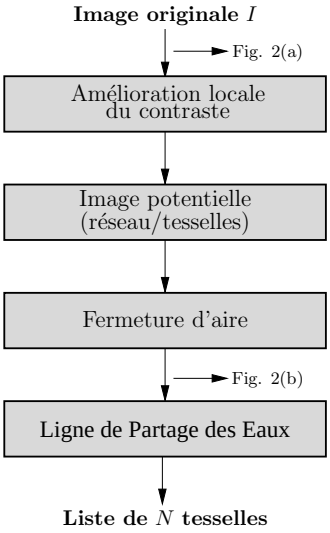


FIGURE 3 – Chaîne de traitements pour l'extraction de tesselles d'une image de mosaïques ancienne.

Un fichier au format `cms` est structuré de la manière suivante (*cf.* Fig. 4) :

- L'**en-tête** est construite à partir de la dimension de l'image, du nombre de tesselles de l'image et de la couleur moyenne (R_b, G_b, B_b) du réseau. Ainsi, 9 octets sont nécessaires pour coder l'en-tête.
- Le **corps** code chaque tesselle n de la manière suivante :
  1. L'en-tête contient le nombre de pixels N_n du contour et la couleur moyenne (R_n, G_n, B_n) de la tesselle.
  2. Le corps code le contour fermé en utilisant les coordonnées (l_1,c_1) du premier pixel et le code de Freeman pour les $N_n - 1$ pixels suivants.

  Si aucune technique de codage (type Huffman) n'est appliquée, le nombre d'octets nécessaire par tesselle est $\mathrm{ceil}\left[8 + \frac{(N_n-1)\ 3}{8}\right]$. Le dernier octet est comblé, par le biais de l'opérateur ceil, pour commencer le codage de la tesselle suivante sur un nouvel octet. Il faut par exemple 20 octets pour coder une tesselle de $N_n = 34$ pixels de contour. Le taux de compression dépend de la longueur moyenne des contours des tesselles dans une mosaïque.

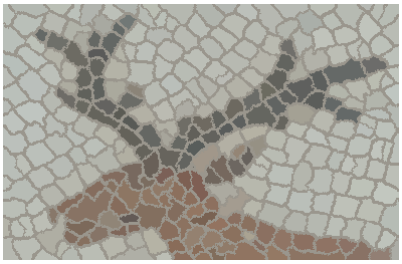
La reconstruction de l'image est faite tesselle par tesselle. L'ordre des tesselles, sauvegardé ou lu dans l'entête du fichier `cms`, n'a aucune influence sur la qualité de la reconstruction ; il peut être modifié pour une application désirée. La reconstruction montrera progressivement les différents objets présents dans la scène. Les tesselles de l'arrière plan de la scène sont généralement de même couleur blanche comme l'illustre la Fig. 1. Elles peuvent donc être stockées en fin de fichier puisque leur sens sémantique est, en général, moins riche que celui des tesselles des objets. L'organisation spécifique de tesselles par objets d'intérêt dans le fichier peut être également intéressante pour l'indexation et la recherche par le contenu dans la base d'images de mosaïques. Un autre intérêt de ce format réside dans la facilité de reconstruire l'image à une échelle donnée (agrandissement ou rétrécissement), puisqu'il suffit d'appliquer le facteur d'échelle sur les coordonnées extraite du fichier. Ce principe est appliqué dans la section suivante avec la reconstruction d'imagettes pour la consultation rapide et à distance d'un base de mosaïques.

3 Résultats expérimentaux

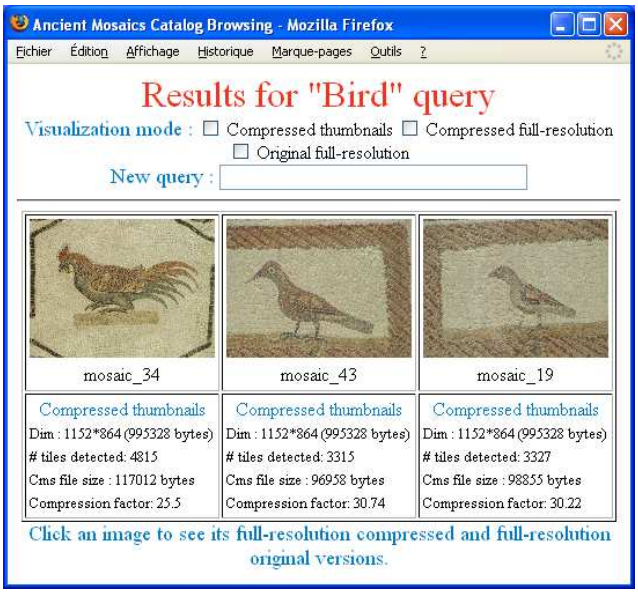
Pour évaluer l'algorithme, nous avons procédé sur l'imagette de la Fig. 2(a). Le résultat de codage puis décodage est montré dans la Fig. 5(a). Les pixels attribués au réseau constituent 27.5% des pixels de l'image. Le nombre de tesselles est de 314 et l'image génère un fichier `cms` de 8766 octets, ce qui donne un taux de compression de 45 par rapport à un codage brute de l'image. Le taux pourrait encore être amélioré en codant chacun des contours.

D'un point de vue qualitatif, plusieurs remarques peuvent être formulées. Comme attendu, la forme des tesselles reconstruites est très proche de celle des tesselles originales. La couleur moyenne des tesselles donne un impression plus pastelle à la mosaïque que l'image originale, du fait du « nettoyage » ou « débruitage » de chaque élément de marbre de la mosaïque réalisé par le codage. Néanmoins, l'aspect général de la mosaïque est conservé. Les tesselles manquantes ou détériorées sont attribuées au réseau car c'est bien le ciment de fixation qui apparaît derrière elles.

Une simple interface « *html* » a été construite pour souligner la possible utilisation de cette représentation dans le cadre d'une application de consultation à distance d'un catalogue de mosaïques. Une requête par mots-clés tels que « humain », « oiseau »,... permet de visualiser une imagette en résolution réduite de l'image originale correspondant à la requête dans la base d'images distante. L'exemple de la Fig. 5(b) illustre le système mis en œuvre. Le flux codé est envoyé à travers le réseau et la reconstruction se fait avec les dimensions appropriées sans décimation de l'image au moment de la réception.



(a)



(b)

FIGURE 5 – (a) Reconstruction de la tête de cerf après codage/décodage, à comparer avec la Fig. 2(a). (b) Interrogation à distance d'un catalogue de mosaïques avec le mot-clé « oiseau » et reconstruction des imagettes.

4 Conclusion

Ce travail constitue l'une des principales étapes vers l'élaboration d'un système d'indexation de bases d'images dédié aux mosaïques anciennes. Nous avons développé une méthode de représentation robuste et efficace des tesselles de mosaïques. De telles images montrent des spécificités de forme et de couleur que nous avons exploité pour obtenir un codage adapté aux mosaïques. Le flux généré contient le niveau de gris moyen du réseau de ciment, et une description individualisée des tesselles avec leur couleur moyenne et la liste de leur points de contour. L'intérêt de la méthode pour les développements futurs est illustrée par une simple application de recherche de mosaïques par mots-clés.

Un avantage certain de la méthode comparé à des techniques travaillant sur des espaces transformés tels la DCT ou la transformée en ondelettes, est la possibilité de travailler directement dans le flux codé, sans avoir à reconstruire l'image au préalable. On peut par exemple segmenter l'image en utilisant l'algorithme des k-moyennes ou l'algorithme EM directement sur le fichier `cms`. Nous obtenons alors un nouveau fichier `cms` où la couleur moyenne de chaque tesselle est remplacée par son numéro de classe. De plus, l'ordre de codage des tesselles dans le fichier peut être choisi pour faciliter ou accélérer une application, comme par exemple la reconstruction progressive des objets de la scène dans un ordre de priorité dicté par l'application.

Références

[1] L. Benyoussef and S. Derrode. Tessella-oriented segmentation and guideline estimation of ancient mosaic images. *J. of Electronic Imaging*, 17(4), October 2008.

[2] P. Bruneau. *La mosaïque antique*. Presses de l'université de Paris-Sorbonne, 1987.

[3] S. Derrode and F. Ghorbel. Robust and efficient Fourier-Mellin transform approximations for invariant grey-level image description and reconstruction. *Comp. Vis. and Im. Underst.*, 83(1) :57–78, July 2001.

[4] K. M. D. Dunbain. *Mosaics of the Greek and Roman world*. Cambridge University Press, 1999.

[5] F. Ghorbel. A complete invariant description for gray-level images by the harmonic analysis approach. *Pattern Recognition Letters*, 15 :1043–1051, October 1994.

[6] R.J. Ling. *Ancient Mosaics*. British Musuem, 1998.

[7] F. Meyer and S. Beucher. *The Morphological Approach of Segmentation : the Watershed Transformation*, chapter Mathematical Morphology in Image Processing, Dougherty E. Editor. Marcel Dekker, New York, 1992.

[8] M. M'hedhbi, R. Mezhoud, S. M'hiri, and F. Ghorbel. A new content-based image indexing and retrieval system of mosaic images. In *2nd IEEE Int. Conf. on Information & Communication Technologies : from Theory to Applications (ICTTA'06)*, pages 1715–1719, Syria, 2006.

[9] L. Vincent. Grayscale area openings and closings : their applications and efficient implementation. In *Workshop on Math. Morph. and its App. to Sig. Proc.*, pages 22–27, Espagne, 1993.

[10] B. Zitova, J. Flusser, and F. Sroubek. An application of image processing in the medieval mosaic conservation. *Pattern Analysis Application*, 7 :18–25, 2004.