



**HAL**  
open science

## Agrandissement d'image basé sur une carte directionnelle multirésolution

Eric van Reeth, Pascal Bertolino, Marina Nicolas

► **To cite this version:**

Eric van Reeth, Pascal Bertolino, Marina Nicolas. Agrandissement d'image basé sur une carte directionnelle multirésolution. XXIIIe colloque GRETSI (GRETSI 2011), Sep 2011, Bordeaux, France. pp.CD. hal-00593233v1

**HAL Id: hal-00593233**

**<https://hal.science/hal-00593233v1>**

Submitted on 13 May 2011 (v1), last revised 17 Jun 2011 (v2)

**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.

# Agrandissement d'image basé sur une carte directionnelle multirésolution

Eric VAN REETH<sup>1,2</sup>, Pascal BERTOLINO<sup>1</sup>, Marina NICOLAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GIPSA-lab - Grenoble INP - France

<sup>2</sup>STMicroelectronics, 12 rue Jules Horowitz, Grenoble, FRANCE

eric.vanreeth@gmail.com,  
pascal.bertolino@gipsa-lab.grenoble-inp.fr,  
marina.nicolas@st.com

**Thème** – 3.1 - Filtrage et filtrage adaptatif - 3.3 - Ondelettes, multirésolution

**Problème traité** – Agrandissement des images avec préservation de la qualité des contours

**Originalité** – Estimation de l'orientation des contours dans des espaces multirésolution. Utilisation particulière des filtres Gaussien 2D orientés

**Résultats** – Meilleure qualité visuelle que les méthodes existantes

## 1 Introduction

L'agrandissement d'image est largement utilisé depuis une vingtaine d'années pour des applications telles que le zoom ou les écrans plats. Les techniques peuvent être divisées en deux catégories : adaptatives ou non. Les méthodes non adaptatives (bilinéaire, bicubiques, spline, ...) sont généralement rapides et faciles à implémenter mais elles introduisent certains artefacts bien connus comme le *jagging*, le crênelage, le flou des contours. Les méthodes adaptatives adaptent leur traitement en fonction des propriétés des pixels, plus particulièrement les pixels de contour. La direction des contours est une caractéristique primordiale puisque les variations des niveaux de gris parallèles au contour doivent être douces alors qu'il faut conserver une transition franche lorsqu'on traverse le contour pour éviter l'effet de flou. Ce papier présente une technique d'interpolation qui prend en compte l'orientation des contours afin d'assurer l'homogénéité des variations le long des contours et d'éliminer les artefacts classiques d'interpolation.

## 2 Calcul de la carte directionnelle

L'orientation des contours est particulièrement étudiée pour la segmentation de zones texturées [1] [2] [3] [4]. Notre approche s'inspire du travail de Peyré et al [5] pour la construction de bases de bandelettes : pour définir l'orientation avec laquelle les bandelettes sont calculées, un *quad-tree* isole au plus une direction par bloc, en partant de petits blocs qui peuvent fusionner si leur regroupement entraîne la création d'un bloc parent plus régulier. A l'inverse, notre méthode évite d'estimer la direction dans certains petits blocs puisque le *quad-tree* est utilisée en division. Un autre avantage de commencer l'estimation dans des grands blocs permet d'avoir une grande précision dans la première estimation de l'orientation alors que la résolution angulaire est moindre dans des blocs plus petits. L'utilisation de petits blocs si nécessaire permet quant-à-elle une meilleure précision spatiale et permet de s'adapter aux changements brusques d'orientation. Notre méthode détecte l'orientation des contours de la façon suivante :

- L'image est obtenue à trois échelles différentes grâce à une transformée en ondelette non décimée qui conserve la taille de l'image [6].
- L'image est découpée en blocs réguliers et l'échelle la mieux adaptée est utilisée pour remplir chaque bloc. L'échelle choisie est celle pour laquelle le bloc présente la plus forte amplitude des coefficients d'ondelette, c'est-à-dire l'échelle qui décrit le mieux la fréquence des contours localement (figure 1).
- Dans chaque bloc, la direction prédominante est estimée en trouvant la direction de la droite discrète 8-connexe pour laquelle la variation des coefficients d'ondelette est minimale.

- Si le bloc contient plusieurs directions, il est découpé récursivement par l’algorithme *quad-tree*.
- Au final, la carte directionnelle fait correspondre à chaque bloc au plus une direction de contour. (figure 2).

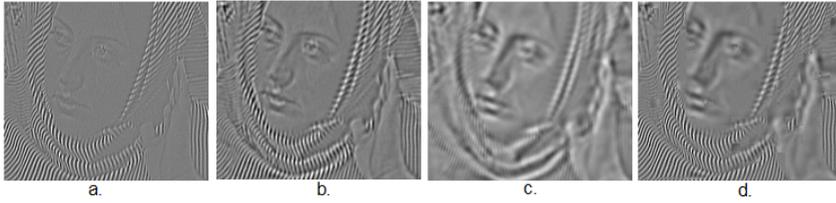


FIGURE 1 – (a,b,c) niveaux 1, 2 et 3 de la transformée en ondelettes. (d) composition pour avoir la meilleure représentation des contours dans chaque bloc

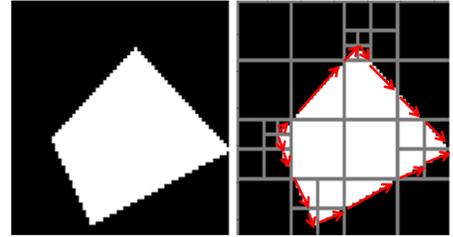


FIGURE 2 – Découpage *quad-tree* et estimation de l’orientation sur une image de synthèse

### 3 Interpolation

La plupart des interpolations directionnelles dégradent les zones sans contours [7][8][9] car elles interpolent l’image entière en se fondant sur une direction locale, inexistante dans les régions uniformes. Pour éviter la dégradation de ces zones, notre méthode combine une interpolation isotrope (spline cubique) pour les zones uniformes et une interpolation directionnelle pour les zones contenant des contours. Des approches similaires ont déjà été utilisées comme dans le travail de Wang et al [10] qui interpole directionnellement uniquement les pixels situés sur des contours. Dans notre approche, la sélection des pixels devant être interpolés directionnellement selon la direction  $\theta$  fournie par la carte directionnelle est obtenue avec des filtres de Gabor. La sortie de ce filtrage est utilisée pour pondérer pour chaque pixel l’interpolation isotrope et l’interpolation directionnelle comme expliqué ci-dessous.

#### 3.1 Filtrage de Gabor

Les filtres de Gabor sont beaucoup utilisés pour l’analyse de direction. Ce sont des filtres orientés passe-bande. Les paramètres de ce filtre sont l’échelle de l’enveloppe Gaussienne ( $\sigma_a, \sigma_b$ ), l’angle du filtre, la fréquence et la phase de la sinusoïde ( $\omega_0, P_0$ ). Afin de localiser les pixels qui doivent être interpolés directionnellement, chaque bloc du découpage *quad-tree* est filtré avec un filtre de Gabor orienté avec l’angle  $\theta$  fourni dans l’étape précédente. La sortie de ce filtrage donne une valeur élevée pour les pixels ayant cette orientation et faible pour les autres. Le résultat du filtrage est lui aussi interpolé par une spline cubique pour fournir un bloc masque  $M$  de mêmes dimensions que le bloc interpolé par la spline cubique notée  $B_{spline}$ . Les valeurs de  $M$  sont normalisées entre 0 et 1.

#### 3.2 Lissage Gaussien directionnel

L’interpolation directionnelle consiste à corriger l’interpolation spline du bloc en la filtrant avec un filtre Gaussien 2D orienté dans la direction  $\theta$  du contour du bloc, pour donner un bloc interpolé directionnellement  $B_{dir}$ . Seuls les pixels pour lesquels la sortie du filtre de Gabor est élevée sont filtrés de sorte à ne pas dégrader les autres régions. Les paramètres de la Gaussienne ( $\sigma_\theta$  et  $\sigma_{\theta^\perp}$ ) sont choisis tels que la Gaussienne soit allongée selon  $\theta$  et très fine dans la direction perpendiculaire  $\theta^\perp$  :  $\sigma_\theta \gg \sigma_{\theta^\perp}$ . Des exemples de filtres sont donnés figure 3 pour plusieurs valeurs de  $\sigma_{\theta^\perp}$ . Nous avons choisi  $\sigma_{\theta^\perp} = 0.1$  (entre les figures 3.b et 3.c) et  $\sigma_\theta = 10$ . Ces valeurs sont un bon compromis pour ne pas introduire de flou tout en conservant un nombre suffisant d’échantillons dans un voisinage restreint, quel que soit  $\theta$ .

#### 3.3 Combinaison des interpolations isotrope et directionnelle

Le bloc final  $B$  est obtenu par combinaison linéaire coefficientée par  $M$  du bloc interpolé par la spline  $B_{spline}$  et de celui interpolé par notre interpolation directionnelle  $B_{dir}$ . Pour chaque pixel de coordonnées  $(x, y)$  :

$$B(x, y) = B_{dir}(x, y) \times M(x, y) + B_{spline}(x, y) \times (1 - M(x, y)) \quad (1)$$

Afin d’éviter un effet de bloc, un recouvrement entre blocs est réalisé dans les filtrages de Gabor et Gaussien.

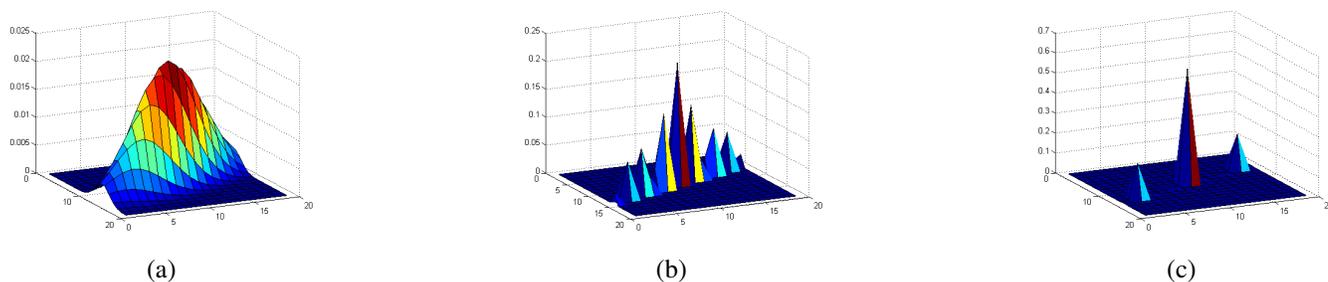


FIGURE 3 – Des filtres Gaussiens pour différentes valeurs du paramètre  $\sigma_{\theta\perp}$ . (a)  $\sigma_{\theta\perp} = 1.5$ . (b)  $\sigma_{\theta\perp} = 0.15$ . (c)  $\sigma_{\theta\perp} = 0.05$ .

## 4 Résultats

La figure 4 montre l’agrandissement  $4 \times 4$  de l’image *Lighthouse* avec quatre méthodes récentes : la spline cubique, l’interpolations de Li et al [7] qui fait référence dans le domaine, celle de Jiang et al [8] et la nôtre. On peut voir que notre méthode est la seule capable de reconstruire proprement la direction des lignes puisque le support de notre interpolation est étendu dans la direction du contour. En revanche, notre méthode est plus lente que les autres principalement à cause du filtrage de Gabor. Néanmoins, un compromis peut être fait sur la précision des angles et des tables de correspondance contenant des coefficients de filtres prédéfinis peuvent être utilisées pour accélérer les traitements. Enfin, il faut noter que dans toutes nos expérimentations, les paramètres  $\sigma_{\theta}$  et  $\sigma_{\theta\perp}$  sont restés constants et qu’aucun autre paramètre n’est à régler ce qui en fait une technique d’interpolation simple à appliquer.



(a) Interpolation spline cubique (b) Interpolation *Edge Adapted* (c) Interpolation NED (d) Notre interpolation

FIGURE 4 – Comparaison d’interpolations  $4 \times 4$  (voir la version électronique pour une meilleure visualisation)

## Références

- [1] P. Perona, “Orientation diffusions,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 7, no. 3, pp. 457–467, 1998.
- [2] K. Jafari Khouzani and H. Soltanian-Zadeh, “Radon transform orientation estimation for rotation invariant texture analysis,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 27, pp. 1004–1008, 2005.
- [3] F. Michelet, J.-P. Da Costa, O. Laviolle, Y. Berthoumieu, P. Baylou, and C. Germain, “Estimating local multiple orientations,” *Signal Processing*, vol. 87, pp. 1655–1669, 2007.
- [4] J. Bigun and J.M.H. du Buf, “Geometric image primitives by complex moments in gabor space and the application to texture segmentation,” in *CVPR*, 1992, pp. 648–650.
- [5] G. Peyre and S. Mallat, “Discrete bandelets with geometric orthogonal filters,” *ICIP*, vol. 1, pp. I–65–8, sep. 2005.
- [6] J.L. Starck, E.J. Candes, and D.L. Donoho, “The curvelet transform for image denoising,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 11, no. 6, pp. 670–684, 2002.
- [7] X. Li and M.T. Orchard, “New edge-directed interpolation,” *ICIP*, vol. 10, no. 10, pp. 1521–1527, 2001.
- [8] H. Jiang and C. Moloney, “A new direction adaptive scheme for image interpolation,” *ICIP*, vol. 3, pp. III–369 – III–372 vol.3, 2002.
- [9] D. Muresan, “Fast edge directed polynomial interpolation,” *ICIP*, vol. 2, pp. II–990–993, 2005.
- [10] Q. Wang and R.K. Ward, “A new orientation-adaptive interpolation method,” *ICIP*, vol. 16, no. 4, pp. 889–900, april 2007.