Marion Foare

Née le 04 Janvier 1991 (26 ans)
Adresse pro. : LAMA, Bât Le Chablais, Campus Scientifique 73376 Le Bourget-du-Lac Cedex, France
Email : marion.foare@univ-grenoble-alpes.fr
Web : http://www.lama.univ-savoie.fr/∼ foare/
Téléphone : 04 79 85 83 05
Française

Formation

Octobre 2013-auj	**Doctorat avec ACE** au LAMA, Laboratoire de Mathématiques de l'Université Savoie Mont Blanc, Le-Bourget-du-Lac, sous la direction de Jacques-Olivier LACHAUD et Dorin BUCUR Sujet : Analyse anisotropique des images par des méthodes géométriques et variationnelles
2012-2013	**Master 2 de Recherche, Mathématiques, Informatique et Applications, Spécialité Modélisation et Calcul Scientifique** Mention Bien Deuxième année de Master à l'Université Joseph Fourier, Grenoble Classement : 1 sur 7
2011-2012	**Master 1 Mathématiques, Informatique et Applications** Mention Assez Bien Première année de Master à l'Université de Savoie, Le-Bourget-du-Lac Classement : 1 sur 1 (seule inscrite en M1 MIA)
2008-2011	**Licence de Mathématiques, Option informatique** Mention Bien Licence obtenue à l'Université de Savoie, Le-Bourget-du-Lac Classement : 3 sur 16

Expérience professionnelle

Octobre 2016-auj	**ATER** au LJK, Laboratoire Jean Kuntzmann de l'Université Grenoble Alpes, Grenoble
Octobre 2013-auj	**Doctorat avec ACE** au LAMA, Laboratoire de Mathématiques de l'Université Savoie Mont Blanc, Le-Bourget-du-Lac, sous la direction de Jacques-Olivier LACHAUD et Dorin BUCUR Sujet : Analyse anisotropique des images par des méthodes géométriques et variationnelles
Mai 2016-Août 2016	**Co-encadrement d'un stagiaire de M1** au LAMA, Laboratoire de Mathématiques de l'Université Savoie Mont Blanc, avec Dorin BUCUR Stagiaire : Thomas COUPECHOUX (M1 MAI, Université Grenoble Alpes) Sujet : Compression et décompression d'images par interpolation géométrique
Mars-Mai 2015	**Intervenante pour l'atelier "Maths à Modeler"** en classe de CM2 à l'Ecole du Chat Perché, Le Bourget-du-Lac Initiation à la recherche en mathématiques autour d'un problème de pavage d'une salle de bain rectangulaire avec des dominos

Mars-Juin 2013	**Stage de recherche de M2** au LAMA, Laboratoire de Mathématiques de l'Université de Savoie, Le-Bourget-du-Lac, sous la direction de Jacques-Olivier LACHAUD et Dorin BUCUR Sujet : Fonctionnelle de Mumford-Shah anisotrope
Septembre 2010-Juin 2013	**Intervenante en soutien scolaire** pour l'association Val'Cultures à Vallières Co-fondatrice de l'association qui a pour but d'aider les élèves en difficulté Soutien scolaire en mathématiques auprès de jeunes de classes de 4e à Terminale

Enseignements

2016-2017	**Analyse élémentaire et introduction au calcul scientifique**, CTD et TP, L1
2015-2016	**Mathématiques pour les sciences I**, TD, L1 MASS **Mathématiques pour les sciences I**, TD, L1 Physique-Chimie-Biologie **Mathématiques pour les sciences II**, TD, L1 Physique-Chimie
2014-2015	**Mathématiques pour les sciences I**, TD, L1 MASS **Mathématiques pour les sciences I**, TD, L1 Physique-Chimie-Biologie **Mathématiques pour les sciences II**, TD, L1 Physique-Chimie **Méthodes numériques**, TP, L3 MASS

Références professionnelles

– **Dorin Bucur**, Professeur de Mathématiques à l'Université Savoie Mont Blanc, e-mail : `Dorin.Bucur@univ-smb.fr`
– **Jacques-Olivier Lachaud**, Professeur d'Informatique à l'Université Savoie Mont Blanc, e-mail : `Jacques-Olivier.Lachaud@univ-smb.fr`
– **Hugues Talbot**, Professeur d'Informatique à l'ESIEE, e-mail : `Hugues.Talbot@esiee.fr`

Publications

– M. Foare, J.-O. Lachaud, H. Talbot, *Image restoration and segmentation using the Ambrosio-Tortorelli functional and discrete calculus*, Proc. 23th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2016) (Cancun, Mexico), 2016.
– M. Foare, J.-O. Lachaud, H. Talbot, *Numerical implementation of the Ambrosio-Tortorelli functional using discrete calculus and application to image restoration and inpainting*, Proc. 1st Workshop on Reproducible Research in Pattern Recognition (RRPR 2016) (Cancun, Mexico), 2016
– D. Coeurjolly, M. Foare, P. Gueth, J.-O. Lachaud, *Piecewise smooth reconstruction of normal vector fields on digital data*, In Computer Graphics Forum, volume 35, pages 157–167. Wiley Online Library, 2016

Communications

– *Image restoration and segmentation using the Ambrosio-Tortorelli functional and discrete calculus*, Séminaire GIPSA-Lab, Grenoble (France), 2017
– *Image restoration and segmentation using the Ambrosio-Tortorelli functional and discrete calculus*, Projet ANR CoMeDiC, Marne-la-Vallée (France), 2016
– *Image restoration and segmentation using the Ambrosio-Tortorelli functional and discrete calculus*, International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2016), Cancun (Mexique), 2016
– *Numerical implementation of the Ambrosio-Tortorelli functional using discrete calculus and application to image restoration and inpainting*, Workshop on Reproducible Research in Pattern Recognition (RRPR 2016), Cancun (Mexique), 2016

- *Image restoration and segmentation using the Ambrosio-Tortorelli functional and discrete calculus* (poster), Conférence SIGMA, Luminy (France), 2016
- *Image restoration and segmentation using the Ambrosio-Tortorelli functional and discrete calculus*, Journée du GT GéoDis, Luminy (France), 2016
- *Restauration d'images via des outils de calcul discret*, Colloque Inter'Actions, Lyon (France), 2016
- *Piecewise smooth image restoration with the Ambrosio-Tortorelli functional using discrete calculs tools*, Séminaire INSA de Lyon, Lyon (France), 2016
- *Discrete calculus tools for image reconstruction with the Mumford-Shah functional*, Journées Informatique et Géométrie, Paris (France), 2015
- *Discrete calculus tools for image reconstruction with the Mumford-Shah functional*, projet ANR KIDICO, Obernai (France), 2015
- *An anisotropic Mumford-Shah functional* (poster), Semestre thématique "On New Trends in Calculus of Variations", Linz (Austria), 2014
- *Fonctionnelle de Mumford-Shah anisotrope*, Séminaire LAMA, Chambery (France), 2014
- *Fonctionnelle de Mumford-Shah anisotrope*, Projet ANR DigitalSnow, Lyon (France), 2013

Travaux de recherche

Sujet de thèse : Analyse anisotropique des images par des méthodes géométriques et variationnelles, co-encadrée par Jacques-Olivier Lachaud et Dorin Bucur
Le sujet de la thèse concerne la reconstruction des parties dégradées ou manquantes d'une image par des méthodes mixtes, géométriques et variationnelles. L'objectif est d'identifier des caractéristiques de l'image, des éléments géométriques, des pixels caractéristiques (feature points), les ensembles de codimension 2, et de proposer une méthode de reconstruction combinant EDP et géométrie. Le problème variationnel est étudié dans le cadre standard puis dans le cadre du calcul extérieur discret, qui permet dans certains cas d'extraire la solution optimale exacte.

Pour ce faire, nous nous intéressons aux aspects à la fois théoriques et numériques liés à la fonctionnelle de Mumford-Shah avec anisotropie (pour une meilleure reconstruction des angles). Le problème de Mumford-Shah anisotrope consiste à résoudre

$$\min_{u\in SBV(\Omega)} \alpha \int_\Omega |u-g|^2 \ \mathrm{dx} + \int_\Omega |\nabla u|^2 \ \mathrm{dx} + \lambda \int_{\mathcal{J}_u} \varphi(\nu) \ \mathrm{d}\mathcal{H}^1$$

où $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ désigne le domaine de l'image, $g \in \mathrm{L}^\infty(\Omega)$ représente les niveaux de gris d'une image donnée que l'on souhaite restaurer, φ est une norme anisotrope, $\mathcal{J}_u$ est l'ensemble des sauts de la fonction $u \in \mathrm{SBV}(\Omega)$ et $\mathcal{H}^1$ est la mesure de Haussdorff de dimension 1. À l'optimum, u est une reconstruction lisse de g sur le complémentaire de $\mathcal{J}_u$, tandis que $\mathcal{J}_u$ représente l'ensemble des discontinuités de u, autrement dit l'ensemble des contours des régions d'intérêt de g.

Dans un premier temps, nous démontrons qu'une solution $u^* \in \mathrm{SBV}(\Omega)$ du problème anisotrope est en fait une solution classique, autrement dit que $\mathcal{J}_u$ est un sous-espace fermé de Ω et que $u^* \in \mathrm{H}^1(\Omega\setminus \mathcal{J}_u)$. Comme la technique de "blow up" de De Giorgi, Carriero et Leaci ne pouvait être appliquée dans ce cas, la régularité Ahlfors est obtenue en utilisant une formule de monotonie pour les presque-quasi-minimiseurs.

Concernant l'implémentation numérique, il est très difficile d'optimiser la fonctionnelle de Mumford-Shah en l'état. En suivant une idée de Focardi, nous définissons alors une suite de fonctionnelles, de type Ambrosio-Tortorelli avec anisotropie, donnée pour $u \in \mathrm{W}^{1,2}(\Omega,\mathbb{R}^n)$ et $v \in \mathrm{W}^{1,2}(\Omega)$ tel que $0 \leq v \leq 1$ par

$$AT_\varepsilon^\varphi(u,v) = \alpha \int_\Omega |u-g|^2 \ \mathrm{dx} + \int_\Omega v^2|\nabla u|^2 \ \mathrm{dx} + \lambda \int_\Omega \varepsilon\varphi^2(\nabla v) + \frac{1}{4\varepsilon}(1-v)^2 \ \mathrm{dx}$$

Dans cette approximation, v approche les discontinuités de u ; le premier terme mesure l'attache à la donnée, le second impose à u d'être lisse lorsque $v \neq 0$, le troisème permet un certain lissage de v tandis que le dernier force v à être inférieur à 1. Le deuxième terme a en fait un rôle fondamental puisqu'il décide si l'on se trouve dans une région lisse (et alors $v = 1$) où si l'on est en présence d'une discontinuité (et alors $v = 0$). Par ailleurs, cette fonctionnelle d'Ambrosio-Tortorelli anisotrope Γ-converge vers la fonctionnelle de Mumford-Shah anisotrope quand ε tend vers 0. Cela signifie que quand ε est grand, v est une approximation diffuse des discontinuités. A mesure que ε décroît vers 0, la largeur de la bande sur laquelle v est proche de 0 diminue, si bien qu'à convergence, l'ensemble $\{v = 0\}$ est un ensemble de mesure nulle qui représente exactement les discontinuités de u.

La Γ-convergence assurant la convergence des minimiseurs, nous proposons différents algorithmes pour optimiser l'approximation d'Ambrosio-Tortorelli dans sa version anisotrope. Tous exploitent le fait que l'approximation d'Ambrosio-Tortorelli anisotrope est convexe par rapport à chacune de ses variables (bien que non globalement convexe) et que les dérivées de l'énergie AT_ε^φ par rapport à u et à v sont nulles à l'optimum. Ainsi, on minimise alternativement AT_ε^φ par rapport à u puis par rapport à v.

Tout d'abord, nous utilisons une méthode de descente de gradient alternée et des différences finies, ainsi que plusieurs choix pour l'anisotropie : une norme 1 et une métrique riemanienne définie à l'aide de la matrice du tenseur des structures, dont les vecteurs propres indiquent les directions principales localement autour de chaque point. Les résultats numériques montrent une meilleure reconstruction des parties angulaires de l'image par rapport aux résultats sans anisotropie, l'approximation u est lisse par morceaux, et v localise correctement les discontinuités, qu'elles soient de type contours ou fractures. Cependant, l'utilisation de différences finies contraint ε à être (numériquement) très grand devant le pas de discrétisation. Cela implique alors que v est une approximation diffuse des discontinuités, et que la méthode échoue en présence d'images très fortement dégradées.

Cela nous a donc conduits à repenser la discrétisation, et à nous tourner vers les outils de calcul extérieur discret. Dans ce contexte, la donnée image est en fait vue comme un ensemble de faces (les pixels), d'arêtes (entre deux pixels), et de sommets (les coins des pixels). Le point clé de cette approche est de définir u et v sur des cellules différentes ; par exemple, on peut choisir de faire vivre u et g sur les sommets, et v sur les arêtes. Intuitivement, l'ensemble des discontinuités est un ensemble de mesure nulle, à l'interface entre les pixels, soit exactement sur les arêtes. Nous proposons donc une nouvelle formulation discrète de la fonctionnelle d'Ambrosio-Tortorelli utilisant les opérateurs standards du calcul extérieur. Le nouvel algorithme, implémenté grâce à la bibliothèque DGtal de `C++`, permet de reconstruire une image lisse par morceaux et des discontinuités de dimension 1, même pour des images fortement bruitées. Ces travaux sont par ailleurs utilisés pour la régularisation du champ de normales et la détections des arêtes saillantes d'une surface en dimension trois.

Dans la dernière partie de ce travail, nous essayons de comprendre comment ajouter une métrique sur le complexe cellulaire de telle sorte que les solutions obtenues avec des méthodes de calcul discret convergent vers les solutions standards. Cette réflexion s'effectue dans le cadre du projet ANR CoMeDiC. Par ailleurs, en parallèle de ces travaux là, nous nous intéressons au problème de minimisation de la première valeur propre du laplacien avec condition aux bords de Robin, qui pose les mêmes problèmes numériques que la fonctionnelle d'Ambrosio-Tortorelli.

Mots-clés : Analyse d'image, calcul discret, optimisation de formes, calcul des variations.

Compétences spécifiques

Langues :	Français (maternel) Anglais (courant) Italien (courant) Espagnol (bonnes notions)
Systèmes :	Windows, Linux
Mathématiques :	Matlab, Octave, Scilab
Programmation :	C++, Python, Pascal
Traitement de texte :	LaTeX, Microsoft Office, Open Office, Libre Office
Langages du Web :	HTML, PHP, Javascript

Informations complémentaires

Centres d'intérêts :	Musique (flûte traversière, flûte piccolo et piano), design floral, yoga et dessin
Etat civil :	Pacsée