

Dossier

Daniele Graziani

Mots-clés : Mathématiques et application des Mathématiques :
Traitement d'images, Calcul des variations, méthodes variationnelles, Γ -convergence,
EDP, analyse numérique.

Table des matières

Curriculum Vitae	3
Activités d'enseignement	9
A. Introduction	9
B. Compétences d'enseignement	9
C. Détails des enseignements	10
D. Projet d'enseignements	11
Activités de recherche	13
A. Thèse de doctorat	13
B. Postdoctorat	15
C. Postdoctorat	17
D. Programme de recherche	18

Curriculum Vitae

Données personnelles

Date et lieu de naissance : Rome, Juin 15 1977 ;
Numéro de téléphone : bureau :+33 0492943794 ; mobile : +33 0683434525 ;
Adresse professionnelle : 2000, route des lucioles
Les Algorithmes - bât. Euclide B BP.121
06903 Sophia Antipolis - Cedex France
E-mail : daniele.graziani@inria.fr
Site personel : <http://www-sop.inria.fr/members/Daniele.Graziani/>
Nationalité : italienne

Situation actuelle

Postdoctorat : I3S au sein du Projet Morpheme *Mars 2010-Mars 2012*.
Financement : CNRS/I3S Projet "CNRS Gyrovision".
Sujet : "Restauration des images aéroportées".
Encadrement : Gilles Aubert, Professeur au Laboratoire J.A Dieudonné,
Laure Blanc-Féraud, Directrice de recherche au CNRS.

Positions occupées

Postdoc : INRIA au sein du Projet Ariana *Janvier 2008-Septembre 2009*.
Financement : ANR/INRIA Projet "ANR Detecfine".
Sujet : "Détection des singularités de codimension 2 dans des images 2D et 3D".
Encadrement : Gilles Aubert Professeur au Laboratoire J.A Dieudonné,
Laure Blanc-Féraud Directrice de recherche au CNRS.

Postdoc : Laboratoire de mathématiques J.A Dieudonné, *Septembre 2009-Janvier 2010*.
Financement : ANR/INRIA Projet "ANR Detecfine".
Sujet : "Détection des singularités de codimension 2 dans des images 2D et 3D".
Encadrement : Gilles Aubert, Professeur du Laboratoire J.A Dieudonné,
Laure Blanc-Féraud Directrice de recherche au CNRS.

Concours

2011 Classé 3e au concours MCF (Maître de conférences section 26 poste 109), Insa Université de Lyon.

2011 Classé 4e au concours MCF (Maître de conférences section 26 poste 140), Université René Descartes Paris 5

Activités d'expertise (REFEREE)

- "Journal of Mathematical Imaging and Vision"

- "Siam Journal of Imaging Science".

Cursus

Qualification Maître de conférence

Section CNU

Laurea in Matematica¹

Sujet :

Directeur de thèse :

Mention :

26, Mathématiques et application des Mathématiques l'Université "La Sapienza" de Rome, *Mars 2002*.

"Solutions stationnaires pour des lois de conservation dans des domaines bornés".

Prof. Alberto Tesei.

110/110

Diplôme de docteur :

Sujet :

Directeur de thèse :

Jury :

Mention :

en mathématiques à Université "La Sapienza" de Rome, *Janvier 2007*

"On the L^1 - lower semicontinuity and relaxation in $BV(\Omega; \mathbb{R}^M)$ for integral functionals with discontinuous integrand"

Prof. Micol Amar.

Prof. G. Buttazzo, Prof. G. Dal Maso, Prof. G. Bellettini.

Bien

Modules obtenus pendant l'école doctorale

-Equations d'évolution.	Prof. Corrado Mascia	<i>Mention :A</i>
-Calcul variationnelle.	Prof. Luigi Orsina	<i>Mention :A</i>
-Equations elliptiques semilinéaires.	Prof. Massimo Grossi	<i>Mention :A</i>
-Marches aléatoires.	Prof. Carlo Boldigrini	<i>Mention :A</i>
-Semicontinuité et relaxation.	Prof. Micol Amar	<i>Mention :A</i>
-Equations d'Hamilton-Jacobi.	Prof. Antonio Siconolfi	<i>Mention :B</i>

¹équivalent du *DEA* avant la réforme LMD

Résumé des activités d'enseignement réalisées en France

Année scolaire 2008 – 2010

Etablissement : I.U.T. de Nice, Sophia-Antipolis, Département Informatique,

Matières : Analyse Mathématique et Algèbre linéaire .

Volume horaire : TD :90h

Public : Etudiants en première année à l'I.U.T, filière Informatique

Résumé des activités d'enseignement réalisées en Italie

Année scolaire 2004 – 2007

Etablissement : Faculté des sciences de l'ingénieur
et Faculté de physique, Université de Rome "La Sapienza",

Matières : Analyse Mathématique.

Volume horaire : TUTORAGGIO¹ :120h

Public : Etudiants en première et deuxième année.

Publications²

Articles publiés dans revues internationales avec referee

- D.Graziani, *A new L^1 -lower semicontinuity result*, Boll. U.M.I. (8)10-B(2007), 797-818.
- D. Graziani, *On the L^1 -lower semicontinuity of certain convex functionals defined on BV-vector valued functions*, Annali dell'Università di Ferrara, Sez VII, Sc. Mat, Volume 55, Number 1 (2009), 111-128.
- D.Graziani, L.Blanc-Féraud, G.Aubert *A formal Γ -convergence approach for the detection of points in 2-D images*, Siam Journal of Imaging Science Vol. 3, No. 3 (2010), 578-594.
- G.Aubert,D.Graziani *Variational approximation for detecting-point like target problems in 2-D images* ESAIM : Control, Optimisation and Calculus of Variations Volume 17 Issue 04 (2011), 909-930
- D.Graziani *Existence result for a free-discontinuity energy governing the detection of spots in image processing* Applicable Analysis DOI :10.1080/00036811.2011.653794 .

Articles publiés dans actes des de conférences internationales avec comité de lecture

- D.Graziani, L.Blanc-Féraud, G.Aubert *A new variational method to detect points in biological images* 2009 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI), pp,1294-1297.
- D.Graziani, L.Blanc-Féraud, G.Aubert *A new variational method for preserving point-like and curve-like singularities in 2-D imaging* 2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) , pp.937-940.

¹équivalent du TD

Articles soumis pour publication dans des revues internationales

-G.Aubert, L.Blanc-Féraud, D.Graziani *Analysis of a variational model to restore point-like and curve-like singularities in imaging*, en révision : Applied Mathematics and Optimization.

-G.Aubert, D.Graziani *A relaxation result for an inhomogenous functional preserving point-like and curve-like singularities in image processing*, preprint 2011. Soumis à : Manuscripta Mathematica

-D.Graziani *Existence and intermediate variational approximation results for atoms-like target energies* preprint 2012. Soumis à : Interfaces and Free Boundaries

Articles en préparation

-G.Aubert, L.Blanc-Féraud, D.Graziani *Overlapping domain decomposition method for microscanning framework*.

-G.Aubert, L.Blanc-Féraud, D.Graziani *ADMM algorithm for demosaicking-deblurring-denoising problem*.

Séminaires

-2009

"Detecting points in 2-D biological images", Ricam Institute, Linz, Austria

-2010

"Variational approximation for detecting point-like target", Laboratoire J. Kuntzmann, Grenoble, France.

-2011

"Detection-Restauration de points et filaments dans une image par approches variationnelles", Laboratoire de Mathématiques, Image et Applications, La Rochelle, France.

Colloques

-2009

"Detecting points in 2-D biological images", Int. Conf. "Sixth European Conference on Elliptic and Parabolic Problems.", Gaeta, Italy, 25-29 May.

-2009

"A new variational model for the detection of points in in 2-D biological images", Int. Conf. 'International Symposium Biomedical Images 2009, BOSTON, USA.

-2011

"A new variational method for preserving point-like and curve-like singularities in 2-D imaging", Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing Conference, Praga, 22-27 May 2011.

-2011

"Detection-Restauration de points et filaments dans une image par approches variationnelles" Contrôle, Imagerie et Probabilités en Méditerranée Université de Nice Sophia Antipolis, 24-28 October 2011

²disponibles sur le site internet : <http://www-sop.inria.fr/members/Daniele.Graziani/>

Langue

italien : langue maternelle

français : excellent niveau

anglais : excellent niveau

Activités d'enseignement

A. Introduction

La conviction que l'enseignement est une partie indissociable du travail de recherche m'a poussé à demander pendant l'école doctorale, des Travaux Dirigés pour le cours d'Analyse mathématique 1 et 2, que j'ai obtenus au sein de la Faculté des sciences de l'ingénieur de l'Université de Rome d'abord et puis au sein de la Faculté des sciences de physique de l'Université de Rome. J'ai tiré un grand profit professionnel de cette expérience.

C'est pourquoi, j'ai également voulu enseigner en France pendant le postdoc à Nice, où une charge de Travaux Dirigés d'Analyse et Algèbre, au sein de l'I.U.T. dans le département d'informatique, m'a été confiée.

Les enseignements en Italie s'organisent en séances de deux heures devant des groupes de 80 élèves.

Les enseignements à l'I.U.T consistaient en Travaux Dirigés devant des groupes de 25 élèves. Chaque séance durait 3 heures : $1\frac{1}{2}$ d'analyse et $1\frac{1}{2}$ d'algèbre.

B. Compétences d'enseignement

J'ai montré durant mes années d'expérience en Italie que j'étais capable d'enseigner soit au niveau magistral, soit au niveau travaux dirigés. J'ai également montré que je pouvais assurer des enseignements éloignés de mon domaine de recherche. Je souhaite bien sûr continuer cette activité en tant que Maître de conférence en section 26.

Mon domaine de compétence en enseignements relève de deux composantes : 1) Ma formation en Mathématique, notamment dans le domaine de l'analyse, me permet d'enseigner des cours de base et des cours plus avancés dans cette discipline.

2) La formation acquise durant mon postdoc me permet d'envisager des enseignements plus spécifiques en traitement de l'image : Modélisation en imagerie biologique, travaux pratiques Matlab, débruitage, déconvolution, super résolution

C. Détails des enseignements

Mathématiques

Analyse 1 : 90h de TD

Dispensés à des élèves de 1^e année, Faculté des sciences de l'ingénieur de l'Université de Rome "La Sapienza" et à la Faculté des sciences de physique de l'Université de Rome "La Sapienza", de 2004 au 2007.

Ce module, composé de 15 séances, a pour but d'enseigner les éléments de base d'analyse. La première partie de la séance est consacrée à rappeler les éléments de la théorie nécessaire à développer les exercices, alors que la deuxième est entièrement dédiée à résoudre les exercices assignés.

mots-clés : les réels-suites et séries numériques-fonctions continues-fonctions dérivables-intégrales-intégrales généralisées-équations différentielles.

Analyse 2 : 30h de TD

Dispensés à des élèves de 2^e année, Faculté des sciences de l'ingénieur de l'Université de Rome "La Sapienza", 2004.

Ce module, composé de 15 séances, porte sur les éléments introductifs de l'analyse mathématique vectorielle et fonctionnelle. Dans la première partie de la séance on rappelle les éléments fondamentaux de la théorie : Dans la deuxième partie on répond aux questions posées par les élèves.

mots-clés : suites et séries des fonctions continues-Espaces de Banach-séries de Fourier- champs vecteur- formes différentielles-théorie de la mesure.

Analyse 1 : 45 h de TD

Dispensées à des élèves de 1^e année, département d'informatique de l'I.U.T. de Nice.

Ce module composé de 15 séances, a pour but d'enseigner les éléments de base d'analyse. La séance est consacrée à assister les élèves dans la résolution de problèmes.

mots-clés : les réels-suites et séries numériques-étude des fonctions-intégrales.

Algèbre : 45 h de TD

dispensées à des élèves de 1^e année, département d'informatique de L'I.U.T. de Nice.

Ce module, composé de 15 séances, consiste à donner les notions de base de l'algèbre. La première partie de la séance est consacrée à assister les élèves dans la résolution. La deuxième est dédié à la correction.

mots-clés : matrices-systems linéaires -rang-déterminant-espaces vectoriels-operateurs linéaires.

D. Projet d' enseignements

Introduction aux méthodes variationnelles en analyse d' images

Le but de ce cours est de fournir une introduction à quelques techniques parmi les plus couramment utilisées en analyse mathématique d'images par des équations aux dérivées partielles. On insistera en particulier sur les liens avec des problèmes de minimisation, ou de manière plus générale avec le calcul des variations. On présentera quelques problèmes "classiques" en imagerie et aussi quelques méthodes numériques de résolution.

On étudiera :

- les questions mathématiques soulevées par la résolution des problèmes de traitement d'images

- quelques méthodes numériques utilisées pour le calcul des solutions de ces problèmes

Plus en détails on proposera le programme suivant :

Introduction :

- image continue et image numérique
- Prétraitement d'image : acquisition, échantillonnage, théorème de Shannon

Filtrage :

- Traitement ponctuel des images numériques
- Filtrage linéaire des signaux 1D
- Filtrage 2D : convolution et filtre médian

Outils mathématiques pour l'image :

- Optimisation dans les espaces de Banach
- Formulation variationnelle des équations aux dérivées partielles
- Analyse convexe non lisse

Modèles de restauration d'image :

- Régularisation de Tychonov
- Espace des fonctions à variation bornée BV
- Le modèle continu de Rudin-Osher-Fatemi
- Modèle discret
- Algorithme de projection de Chambolle
- Le modèle de Mumford-Shah
- Méthode des contours actifs

Activités de recherche

A. Thèse de doctorat

Intitulé

On the L^1 -lower semicontinuity and relaxation in $BV(\Omega; \mathbb{R}^M)$

for integral functionals with discontinuous integrand

Thèse de doctorat du Département de Mathématiques "G.Castelnuovo" de l'Université de Rome "La Sapienza", (2002-2006), **soutenue le 16 Janvier 2007 et obtenue avec mention bien.**

Financement : Bourse de doctorat quadriennal de l' "Université de Rome "La Sapienza"

Etablissement : Département de Mathématiques "G.Castelnuovo" de l'Université de Rome "La Sapienza"

Composition du Jury

Directeur de Thèse :

Micol Amar, Professeur associé, Université de Rome "La Sapienza", section MAT05.

Président et Rapporteur :

Giuseppe Buttazzo, Professeur ordinaire, Université de Pisa, section MAT05

Rapporteur :

Gianni dal Maso, Professeur ordinaire, SISSA Trieste, section MAT05

Rapporteur :

Gianni Bellettini, Professeur ordinaire, Université de Rome "Tor Vergata", section MAT05

Résumé de la Thèse de doctorat

La thèse est dédiée à l'étude des problèmes de semicontinuité inférieure et de relaxation pour des fonctionnelles intégrales ayant une croissance linéaire, définies sur l'espace des fonctions avec variation totale bornée : $BV(\Omega)$. Notamment on considère une fonctionnelle du type :

$$F(u) = \int_{\Omega} f(x, u, \nabla u) dx$$

avec $u \in W^{1,1}(\Omega)$ et

$$\mathcal{F}(u, \Omega) = \int_{\Omega} f(x, u, \nabla u) dx + \int_{\Omega} f^{\infty}(x, \tilde{u}, \frac{D^c u}{|D^c(u)|}) d|D^c u| + \int_{J_u \cap \Omega} \left[\int_{u^-}^{u^+} f^{\infty}(x, s, \nu_u) ds \right] d\mathcal{H}^{N-1}$$

avec $u \in BV(\Omega)$ et f convexe. On prouve, dans le premier chapitre, la semicontinuité inférieure de \mathcal{F} pour la topologie L^1 et sa coïncidence avec la fonctionnelle relaxée (ou enveloppe semicontinue inférieure) de F .

Ce problème classique du calcul variationnelle est redevenu d'intérêt dans le but d'affaiblir les hypothèses de régularité de la fonction f , et c'est dans ce cadre que la thèse se place.

Dans le deuxième chapitre nous démontrons un théorème de semicontinuité inférieure pour la fonctionnelle \mathcal{F} en absence de coercivité et de continuité de la fonction f en la variable u . Afin de obtenir un tel résultat il a été indispensable de prouver un nouveau résultat de dérivation de fonctions composées. Comme conséquence du résultat de semicontinuité on obtient de nouveaux théorèmes de relaxation et de Γ -convergence. Cette première partie de la thèse a donné lieu à une publication dans la revue Boll. U.M.I.

Dans le chapitre 3 on a envisagé le cas vectoriel. L'objectif a été de prouver des résultats de semicontinuité inférieure pour \mathcal{F} en absence de régularité de la fonction à intégrer f . Notamment on a supposé que l'intégrande soit du type $f(x, \nabla u)$ et ait une dépendance en x du type $W^{1,1}$. Cependant on a dû supposer que f soit convexe, hypothèse non naturelle dans le domaine vectoriel. Toutefois à l'aide de la convexité nous avons pu montrer, pour la première fois dans la littérature, des théorèmes de semicontinuité et relaxation sans aucune hypothèse de continuité dans la variable spatiale x .

Cette deuxième partie de la thèse a donné lieu à une publication dans la revue Annali di Ferrara.

B. Postdoctorat*"Détection des singularités de codimension 2 dans des images 2D et 3D"*

sous la direction de Gilles Aubert, Professeur au Laboratoire J.A Dieudonné, et Laure Blanc-Féraud, Directrice de recherche CNRS.

Je me suis intéressé, dans le cadre du Projet ANR "Detectfine", au problème de la détection des singularités dans les images biologiques.

La détection de filaments dans des images tridimensionnelles ou bien des point dans des images bidimensionnelles est un objectif important. Savoir différencier un objet sphérique, comme une particule, d'une courbe, comme un filament, peut être fondamental au niveau des applications.

D'un point de vue plus mathématique détecter une certaine structure dans une image signifie trouver un opérateur différentiel capable de la reconnaître, et de l'isoler, en la considérant comme une singularité. Il est connu que telles singularités peuvent être interprétées comme des singularités de codimension 2 d'un champ vectoriel $U : \mathbb{R}^{n+2} \rightarrow \mathbb{R}^2$. Notamment dans le cas de points ($n=0$) si on considère un champ $U : \Omega \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{S}^1 \subset \mathbb{R}^2$ dans l'espace $W^{1,1}(\Omega; \mathbb{S}^1)$, on sait que le jacobien distributionnel de U est donné par une mesure concentrée sur des points et dans le cas de filaments si on considère un champ $U : \Omega \subset \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{S}^1 \subset \mathbb{R}^2$ dans l'espace $W^{1,1}(\Omega; \mathbb{S}^1)$, on a que le jacobien distributionnelle de U est donné par une mesure concentrée sur une union de courbes Lipschitz sans bord dans le domaine Ω .

Bien que cette approche soit prometteuse, elle peut poser des problèmes pour les applications. Dans le cas de points il n'est pas clair comment on peut construire, en partant de l'image I , un champ vectoriel à valeur dans \mathbb{S}^1 qui ait un jacobien singulier. Dans le cas de courbes on ne peut détecter que de filaments sans bord dans le domaine de l'image, restriction trop sévère. C'est pourquoi il faut trouver une méthode plus efficace afin de réaliser des applications significatives.

Le travail que j'ai effectué pendant le première partie du postdoctorat est focalisé sur la détection des points.

Nous avons proposé un modèle où l'image est assimilée à une mesure de Radon, laquelle,

a priori, peut se concentrer sur plusieurs structures : points, filaments, textures. On choisit pour détecter un opérateur qui puisse être construit directement à partir de l'image : l'opérateur de divergence. Ce choix, en effet, nous permet d'obtenir un champ vectoriel U_0 dont la divergence au sens mesure est l'image initiale I_0 . Pour cela on choisit comme champ vectoriel U_0 le gradient de la solution du problème de Dirichlet aux données mesure

$$(0.1) \quad \begin{cases} -\Delta f = I_0 & \text{on } \Omega \\ f = 0 & \text{on } \partial\Omega. \end{cases}$$

L'image I_0 (et donc U_0) peuvent être dégradé, nous avons proposer pour la restaurer de minimiser la fonctionnelle :

$$(0.2) \quad \int_{\Omega \setminus P} |\operatorname{div} U|^2 + \lambda \int_{\Omega} |U - U_0|^2 + \mathcal{H}^0(P).$$

où $U \in L^2(\operatorname{div}; \Omega \setminus P)$, l'espace des champs vectoriels dont la divergence au sens distribution a une partie régulière dans $L^2(\Omega)$, et P est l'ensemble des points qu'on cherche à isoler. La première intégrale pousse le champ U à être régulier au dehors de P , alors que le term $\mathcal{H}^0(P)$ pénalise la présence de courbes singulières dans l'image.

Afin de produire des simulations numériques il a été nécessaire d'approcher l'énergie (0.2) par une suite des fonctionnelles plus faciles à discrétiser en utilisant la notion de Γ -convergence. Les expériences numériques réalisées sous l'outil Matlab ont donné des résultats satisfaisants. L'algorithme est capable d'isoler les points dans l'image et en même temps d'effacer les filaments. Ces résultats ont donné lieu à une publication dans la revue Siam Journal of Imaging Science, à une publication dans la revue Esaim Control Optimization and Calculus of Variations, à une publication dans la revue Applicable Analysis, et à une publication dans les actes de la conference ISBI 2009 (voir Curriculum Vitae, publications).

La deuxième partie du postdoctorat a été dédiée au développement d'un modèle variationnel pour restaurer des singularités de type points et/ou courbes ouvertes dans des images bidimensionnelles. Dans ce but on a d'abord étudié d'un point de vue théorique des fonctionnelles intégrales de la forme suivante :

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(u) : &= \int_{\Omega} f(x, \Delta u) dx + \int_{\Omega} f^{\infty}(x, \frac{d\mu^a}{d|\mu^a|}) d|\mu^a| + \int_{\Omega} f^{\infty}(x, \frac{d\mu^0}{d|\mu^0|}) d|\mu^0| + \int_{\Omega} g(\nabla u) dx \\ &+ \int_{\Omega} |u - u_0|^2 dx, \end{aligned}$$

où u est une fonction de Sobolev avec Laplacien mesure et u_0 est l'image observée. f^∞ est la fonction de récession définie par $\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{f(x, t\xi)}{t}$. Les mesures μ^a sont μ^0 données par la décomposition par rapport à la p -capacité appliquées à la mesure $\text{Div} \nabla u$. $\frac{d\mu^a}{d|\mu^a|}$, $\frac{d\mu^0}{d|\mu^0|}$ sont les dérivées de Radon-Nikodym des mesures μ^a and μ^0 . En utilisant la notion de p -capacité on peut montrer que le deuxième terme gère les singularités concentrées sur les courbes et le dernier celles portées par des points.

Après avoir donné des résultats d'existence et de relaxation pour cette nouvelle fonctionnelle, on a envisagé des applications au traitement d'images biologiques. Notamment dans le cas homogène $f(x, t) = |t|$ et $g(\xi) = |\xi|$ on a développé un algorithme de descente du gradient rapide capable de restaurer des images, qui contiennent à la fois des courbes ouvertes et des points. Les résultats ont donné lieu à une publication en révision pour la revue Applied Mathematics and Optimization, à une publication soumise à la revue Manuscripta Mathematica et à une publication dans les actes de la conférence ICASSP 2011. (voir Curriculum Vitae, publications). Enfin on a aussi étudiées, d'un point de vue théorique, des fonctionnelles pour la détection de points en présence d'opérateurs non locaux, du type convolution avec un noyau Gaussien. Cette nouvelle fonctionnelle permet de travailler directement avec l'image I , encore assimilée à une mesure de Radon $\mu = I$, sans passer directement par la solution du problème (0.1). Cette fonctionnelle est définie comme $F : \mathcal{AM}(\Omega) \rightarrow [0, +\infty]$ de la forme suivante :

$$F(\mu) = \mathcal{H}^0(\text{supp}\mu) + \|\rho_\sigma * \mu - u_0\|_2^2.$$

$\mathcal{AM}(\Omega)$ est un espace de mesures de Radon atomiques avec support $\text{supp}\mu$. \mathcal{H}^0 est la mesure de comptage de points. ρ_σ est un noyau régularisant. On a donné des résultats d'existence et d'approximation variationnelle avec des fonctionnelles, a priori plus faciles à discrétiser, dépendantes de la courbure d'ensembles réguliers. Ces résultats ont donné lieu à une publication soumise à Interfaces and Free Boundaries. (voir Curriculum Vitae, publications).

C. Postdoctorat

"Restauration d'images aéroportées"

Sous la direction de Gilles Aubert Professeur au Laboratoire J.A Dieudonné, et Laure Blanc-Féraud Directrice de recherche CNRS.

Je m'intéresse actuellement dans le cadre du Projet CNRS "Gyrovision" au domaine de la

restauration d'images aéroportées. Ce projet financé par les fonds FUI est en partenariat avec l'entreprise d'Aix en provence ATE .

Le but de ce projet est de développer des algorithmes performants pour la super-résolution. Il s'agit d'obtenir à partir des quatre images acquises en basse résolution une image quatre fois plus résolue. De plus les données sont bruitées et floues. La problématique est de trouver un compromis entre la qualité de l'image restaurée et le temp de calcul nécessaire pour l'obtenir. Dans cette direction la méthode la plus intéressante nous semble t-il est la méthode par décomposition en sous-domaine. À partir du travail récent "Convergent Overlapping Domain Decomposition Method for Total Variation Minimization"(Massimo Fornasier, Andreas Langer, Carola-Bibiane Schonlieb), on a adapté cette méthode, qui dans le papier précité est définie dans un cadre différent de celui de la super-résolution. La parallélisation des traitements est alors possible en traitant chaque sous-domaine indépendamment.

Les expériences numériques réalisées sous l'outil Matlab nous ont donné d'excellents résultats. Un article basé sur ce travail est en cours de rédaction.

Toujours dans le cadre du Projet CNRS "Gyrovision" je m'occupe aussi de développer des algorithmes rapides de mosaïçage utilisés dans les caméras numériques pour la reconstruction des images couleurs. La plupart des caméras numériques utilisent un seul capteur devant lequel est placée une matrice de filtres couleurs (matrice de Bayer). Ce capteur échantillonne par conséquent une seule couleur par position spatiale et l'image observée est donc dégradée par un effet de mosaïçage. Il est donc nécessaire mettre en oeuvre des algorithmes rapides pour définir une image couleur avec trois composantes par position spatiale. L'ensemble des techniques utilisé en littérature pour résoudre ce problème est énorme. L'originalité de notre recherche, dans ce contexte, consiste à développer des méthodes variationnelles qui puissent prendre en compte à la fois tous les effets de dégradation : bruit, flou, mosaïçage. Dans cette direction en collaboration avec ATE nous avons mis au point un algorithme ADMM pour ce type de problématique. Un article basé sur ce travail est en cours de rédaction.

D. Programme de recherche

Dans ces dernières années, la problématique de la détection des structures fines dans des grands volumes de données a connu un intérêt croissant en analyse d'image. Citons, par exemple, la

biologie et l'astronomie, et pour les applications industrielles : extraction de routes et bâtiments à partir d'images satellitaires, suivi d'objets et transmission automatique.

Jusqu'à présent, les techniques variationnelles ont été utilisées dans plusieurs problèmes de l'analyse d'image, comme le débruitage, la déconvolution, l'amélioration de l'image, la segmentation, l'inpainting, la désocclusion, le flux optique. La raison de ce succès repose sur le fait que l'approche variationnelle conduit souvent à une formulation mathématique qui peut être assez facilement transposée à des cas réels. Les méthodes variationnelles sont dans l'histoire de la science un pont naturel entre la modélisation mathématique et des domaines scientifiques différents, tels que la biologie, l'ingénierie, la physique, et l'économie. Le projet vise à conserver cet esprit en recherchant à la fois les aspects théoriques et numériques. En particulier, inspiré de l'utilisation déjà très fructueuse de modèles variationnels pour le traitement d'images, notre but est de développer une théorie variationnelle pour la détection d'objets de petites dimensions tels que des points ou des courbes dans des structures bidimensionnelles et tridimensionnelles. Dans cette direction seulement quelques résultats partiels ont été fournis à ce jour. Par conséquent, il y a la possibilité d'apporter des améliorations significatives ; une étude approfondie mathématique, basée sur les modèles de discontinuité libre, techniques de Γ -convergence et méthodes variationnelles généralisée par variation totale, n'a pas encore été réalisée. L'idée centrale du projet est de classer les pathologies de petite dimension comme des singularités d'opérateurs différentiels. De cette manière, elles peuvent être reconnues et situées par minimisation d'une énergie appropriée, qui sera construite dans l'esprit de Mumford-Shah ou le modèle de Rudin-Osher-Fatemi. L'étude théorique de ces énergies, leur approximation variationnelle, et le traitement numérique, seront les principaux objectifs de notre projet. On envisagera également les aspects expérimentaux, au moyen du développement de nouveaux algorithmes, qui seront testés sur des images biomédicales, astronomiques, et satellitaires. Nous nous attendons à être en mesure de produire de nouveaux résultats théoriques sur les méthodes variationnelles pour la segmentation d'objet avec basse dimension, ainsi que algorithmes numériques qui seront testés et vérifiés sur problèmes réels, en biologie, astronomie, ingénierie, disciplines qui font largement usage de l'analyse d'images pour leurs développements scientifiques et appliqués.