

École thématique en traitement d'images

Hotel Sensoria, Saint-Lary

10-15 juin 2013

Table des matières

1	Adrien Bartoli, 2h : "Réalité augmentée pour surfaces déformables, application en cœlioscopie"	1
2	Gwendoline Blanchet, 1h : "Satellite imaging"	2
3	Jocelyn Chanussot, 3 h : "Hyperspectral signal and image analysis : opportunities and challenges"	2
4	Philippe Ciuciu, 3h : "Imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf)"	3
5	Charles Kervrann, 3h : "Biological imaging"	4
6	Lionel Moisan, 3h : "Satellite images live in Fourier domain"	5
7	Jean-luc Starck, 3h : "Astronomical imaging"	5

1 Adrien Bartoli, 2h : "Réalité augmentée pour surfaces déformables, application en cœlioscopie"

Ce cours présente des techniques pour la réalité augmentée sur des surfaces déformables et leur application en cœlioscopie.

La réalité augmentée nécessite de résoudre deux problèmes de vision monoculaire par ordinateur : (1) le recalage d'image lors de grands déplacements, qui consiste à trouver le champ de déformation permettant de transformer une image en une autre et (2) l'inférence 3D, qui consiste à estimer la forme 3D observée dans l'image courante. (1) permet d'amener le contenu virtuel à partir d'une vue de référence et (2) permet de positionner ce contenu virtuel en 3D. (1) et (2) sont des problèmes résolus lorsque l'environnement est rigide (au moins partiellement) ou que des marqueurs y ont été attachés (et sous l'hypothèse de planéité locale). Nous aborderons (1) et (2) sous l'hypothèse que l'environnement est une surface déformable et non instrumentée, et notamment les questions suivantes : comment modéliser un champs de déformation ?

comment apparier des points sans la contrainte épipolaire (de rigidité) ? comment re-texturer l'image d'une surface déformable ? comment inférer la surface 3D observée à partir d'un patron de surface ? comment augmenter l'image d'une surface et en générer un nouveau point de vue ?

La cœlioscopie est une technique minimalement invasive qui consiste à introduire une caméra et des outils chirurgicaux dans l'abdomen du patient par de petites incisions. Comparée à une laparotomie (chirurgie avec ouverture classique), la cœlioscopie réduit considérablement le traumatisme infligé au patient et a de multiples autres avantages telle une visualisation magnifiée des tissus. Elle a cependant des limites intrinsèques et notamment la quasi absence de sens tactile qui permet en laparotomie d'identifier certaines structures anatomiques importantes (structures pathologiques cibles ou sensibles). Nous aborderons l'utilisation de la réalité augmentée en cœlioscopie, et notamment les questions suivantes : comment se développe la cœlioscopie ? quelle est la place que pourrait tenir la vision par ordinateur dans ce développement ? les techniques actuelles de réalité augmentée en environnement déformable peuvent-elle s'adapter pour des images cœlioscopiques ?

2 Gwendoline Blanchet, 1h : "Satellite imaging"

This talk is dedicated to high resolution satellite imagery. When designing Earth observation satellites, it is crucial to guarantee that the image product matches user needs throughout the project. Requirements differ depending on the application : meteorology, mapping, photo-interpretation, natural or technological disasters, crop monitoring, digital elevation model computation. Image quality criteria are defined to check that the image product matches end user needs. Geometric, radiometric and resolution criteria will be presented. We will see how the image acquisition chain onboard the satellite contributes to the final quality, and how this quality can be improved with onground restoration algorithm.

3 Jocelyn Chanussot, 3 h : "Hyperspectral signal and image analysis : opportunities and challenges"

This lecture will be organized as follows :

- (15 min) short introduction presenting the basic concepts of hyperspectral imaging, stressing the opportunities offered by the spectral diversity of information and the challenges induced by the high dimensionality of the data.
- (1h45) part 1 :
 - spectral classification of hyperspectral data
 - spectral-spatial approaches : from pixels to regions
 - hierarchical approaches for the analysis of hyperspectral images
- (1h) part 2 :
 - spectral unmixing
 - super-resolution

4 Philippe Ciuciu, 3h : "Imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf)"

Dans ce cours, nous aborderons tout d'abord les bases de l'Imagerie par résonance magnétique (IRM) pour décrire le principe de formation des images, le caractère multi-modal de l'IRM lui conférant la possibilité de voir in vivo chez l'homme et de façon non-invasive l'organisation structurelle mais aussi fonctionnelle du cerveau à l'aide de séquences d'acquisition différentes. Ensuite, nous nous focaliserons sur l'IRM fonctionnelle (IRMf) et décrirons les principaux enjeux de cette modalité d'imagerie médicale utilisée en neurosciences cognitives mais aussi recherche clinique et pharmacologique. Depuis la découverte de l'effet BOLD (Blood Oxygen Level Dependent) en 1990 [Ogawa et al, 1990], l'IRMf a connu un essor considérable car elle constitue un moyen puissant d'imager la relation entre des tâches cognitives ou sensori-motrices effectuées par le sujet ou le patient dans le scanner et le signal BOLD mesurable en IRMf, encore appelé réponse hémodynamique. Dès lors, l'IRMf se focalise sur trois objectifs :

1. cartographier des fonctions (vision, lecture, mémoire, ...) au sein de régions ou de réseaux cérébraux spécifiques et localiser les aires dont l'activité est modulée par des stimuli extérieurs ;
2. extraire des caractéristiques hémodynamiques locales à partir des signaux IRMf acquis de façon à analyser le couplage neuro-vasculaire (relation entre activité neuronale et signal mesurable en IRMf) et identifier la chronologie des activations et des processus neuronaux sous-jacents.
3. Décrire les interactions dynamiques entre régions, encore appelée connectivité fonctionnelle, notamment lorsque le cerveau est dans un état de « repos » c'est-à-dire quand le sujet n'est soumis à aucun stimulus extérieur.

La suite du cours est concentrée sur les deux premiers objectifs. Après la description des approches statistiques classiques pour localiser les activations cérébrales, nous discutons ses principales limites, notamment son hypothèse de couplage neuro-vasculaire unique pour le cerveau tout entier et son caractère univarié. Nous proposons alors un cadre statistique unifié, développé par mon équipe depuis 10 ans, qui répond aux deux premiers défis conjointement, à savoir identifier localement (région par région) la fonction de réponse hémodynamique (FRH) c'est-à-dire la réponse impulsionnelle du couplage neurovasculaire et localiser précisément des activations spécifiques. Le formalisme de Détection Estimation Conjointe proposé s'exprime dans le cadre bayésien et repose sur un modèle de formation des données qui s'affranchit des limites classiques précitées, notamment par l'usage d'une approche non-paramétrique pour la FRH, de filtres à réponse impulsionnelle finie. Des a priori spatiaux-temporels physiologiques et markoviens permettent de recouvrer des activations robustes malgré le rapport signal sur bruit défavorable. L'inférence bayésienne, d'abord conduite dans le contexte des méthodes de Monte Carlo par chaînes de Markov, est ensuite optimisée en recourant des approximations variationnelles de l'algorithme Expectation Maximization. L'approche finalement développée est spatialement adaptative au sens où elle introduit une régularisation spatiale des données qui varie selon la région cérébrale

considérée. Elle est aussi non-supervisée grâce à des développements originaux sur l'extrapolation de fonctions de partition de champs de Markov cachés. Le cadre est suffisamment souple pour profiter de nombreux développements d'importance : identification d'une parcellisation des territoires hémodynamiques, sélection du modèle le plus parcimonieux pour expliquer les données, gestion de sessions multiples. La boîte à outils PyHRF implémente l'ensemble de ces méthodes (www.pyhrf.org) et permet le calcul parallèle non seulement sur machine multi-coeur mais aussi sur cluster national grâce à son couplage avec Soma Workflow. La fin du cours est consacrée à des applications du formalisme DEC pour imager la variabilité hémodynamique inter-régionale chez un sujet particulier mais aussi la variabilité inter-individuelle tant chez des cohortes de jeunes adultes que chez des sujets âgés.

5 Charles Kervrann, 3h : "Biological imaging"

Ces dernières années, les avancées en microscopie multidimensionnelle et multimodale couplées aux nouvelles techniques de marquage par sondes fluorescentes types GFP («Green Fluorescent Protein») ont révolutionné la biologie moléculaire et cellulaire. L'imagerie photonique dite à haute résolution spatiale et temporelle joue désormais un rôle essentiel pour sonder les processus moléculaires des interactions des protéines (expression et fonction des gènes) dans différents compartiments ou domaines cellulaires. Ainsi, des avancées considérables en biologie fondamentale ont déjà été obtenues dans la description des principales voies de transport membranaire, dans les mécanismes de tri et d'adressage des protéines et dans le maintien ou la défaillance de l'intégrité fonctionnelle des compartiments de la cellule. Il est également établi qu'un nombre restreint de protéines interagissent fonctionnellement et dynamiquement dans des sous-domaines de chaque compartiment, ceci pour assurer des fonctions vitales, à des échelles spatiales et temporelles variées, sur l'ensemble du cycle cellulaire, que les cellules soient en division ou en interphase.

Acquérir une vue quantifiée plus complète de la physiologie de la cellule pour toutes les échelles d'observation spatiales «nano-micro» et temporelles, est le défi à relever désormais. Mais, force est de constater que l'analyse des données de microscopie collectées, ne serait-ce que ces trois dernières années, via différentes modalités de microscopie optique (modalités d'imagerie Confocale, FLIM-FRET, TIRF, SIM...) et électronique (ET), est très problématique. Il faut en effet traiter des quantités considérables de volumes, toujours en nombre croissant. Leur contenu est relativement nouveau et original, mais leur traitement est réalisé avec des algorithmes d'analyse d'images limités et peu adaptés désormais. Notons que l'analyse visuelle de ces données-images est presque impossible puisqu'il s'agit d'inspecter des centaines de séquences temporelles d'images volumiques, puis de les manipuler lors du passage d'une échelle à l'autre. Pourtant toutes les informations partielles ou descripteurs extraits automatiquement, doivent être intégrés rapidement dans des modèles biologiques ou biophysiques à des fins de prédiction, pour des applications dans domaine de la santé notamment. Dans un tel contexte, nous sommes confrontés à la fois aux problèmes de gestion de «masses de données», d'estimation en «grande dimension» et de modélisation de «systèmes complexes» et de «changements d'échelles».

Dans le cadre de cours, nous nous intéresserons aux problématiques de traitement d'images dans le contexte de la microscopie de fluorescence : débruitage, restauration, détection et suivi de particules, segmentation, analyse statistique... Ces sujets sont relativement populaires en traitement d'images mais des approches méthodologiques et des modélisations spécifiques sont bien souvent nécessaires pour faire face aux enjeux de la biologie cellulaire.

6 Lionel Moisan, 3h : "Satellite images live in Fourier domain"

Time-frequency analysis (and in particular wavelets) outperforms the classical Fourier Transform in many image analysis tasks, but there still are several key topics in satellite imaging whose natural formulation lies in Fourier domain. During this lecture, we shall present some of them, all related to the central question of resolution : image formation (diffraction, captor, sampling), interpolation, geometric transforms, no-reference image quality assessment, and the particularly interesting issue of aliasing (on-purpose design, detection and correction). Recent advances and open questions will be discussed.

7 Jean-luc Starck, 3h : "Astronomical imaging"

- Parcimonie : Ondelettes, Curvelets, Diversity morphologique, 3D sparse representation, dictionary learning, etc
- 3D Sparse Representation
- Parcimonie et application en Astrophysique : intro parcimonie et application denoising/deconvolution, projet Astro, etc
- Fond Diffus Cosmologique : Presentation de la problematique (Cosmologie, des observations et des challenges pour analyser les donnees, et des solutions a certains pb bases sur la parcimonie).
- Matiere Noire/Energie sombre : presentation de la problematique (Cosmologie, challenge mathematique pour exploiter les donnees, eventuelle quelques solutions basee sur la parcimonie).