



# Programme du 2<sup>e</sup> colloque scientifique de la SFTH 18 & 19 juin 2012 – ONERA Toulouse

## Lundi 18 juin 2012

**9h00-10h00 :** Accueil café

**10h00-10h10 :** Briottet, *Ouverture du colloque*

**10h10-10h20 :** Rosier, *Présentation de l'ONERA*

**10h20-10h50 :** Marion, *Assemblée générale de la SFTH*

Paparoditis, *Présentation de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection*

**10h50-11h15 :** Lefèvre & Michel, HYPXIM – Satellite hyperspectral dual – Avancement des études de phase 0

### **SESSION 1 : planétologie**

**11h15-11h40 :** Cornet et al., *La surface de Titan vue par VIMS, l'imageur hyperspectral de la sonde Cassini*

**11h40-12h05 :** Rodriguez et al., *L'activité atmosphérique et le climat de Titan surveillés par l'imageur hyperspectral VIMS de la sonde Cassini*

**12h05-12h30 :** Fernando et al., *Surface photometric properties from CRISM/MRO hyperspectral multi-angle observations*

**12h30-13h30 :** Pause déjeuner

**13h30-14h15 :** Hosford, *Opportunités de financement d'activités scientifiques par le CNES*

Flamant, *Programme National de Télédétection Spatiale*

Flamant, *SAFIRE : Service des Avions Français Instrumentés pour la Recherche en Environnement*

### **SESSION 2 : atmosphère**

**14h15-14h40 :** Deschamps et al., *Caractérisation d'un panache d'aérosols industriels par imagerie hyperspectrale*

**14h40-15h05 :** Chaumat et al., *4A/OP: A fast & accurate operational forward radiative transfer model*

**15h05-15h30 :** Idoughi et al., *Détection de polluants atmosphériques par imagerie hyperspectrale infrarouge : étude du cas de polluants gazeux en zone industrielle à haute résolution spatiale*

**15h30-16h00 :** Pause café

### **SESSION 3 : littoral, géophysique**

**16h00-16h25 :** Guillaume et al., *Evaluation des capacités de la télédétection HYPerspectrale et développement de méthodes innovantes de traitement d'images pour des applications Défense en zone LITtorale (HYPLITT)*

**16h25-16h50 :** Lennon et al., *Vers une méthodologie de cartographie des récifs coralliens par télédétection hyperspectrale*

**16h50-17h15 :** Lafon et al., *Présentation de la base de données hyperspectrales d'EPOC*

**17h30-19h00 :** Cocktail de bienvenue

## **Mardi 19 juin 2012**

### **SESSION 4 : sol, végétation**

- 8h50-9h15 :** Ouerghemmi et al., *Estimation du taux d'Argile en condition semi-végétalisée par traitement d'images Hyperspectrales*
- 9h15-9h40 :** Alakian et al., *Classification de scènes de végétation par utilisation de l'imagerie hyperspectrale et l'imagerie SAR polarimétrique*
- 9h40-10h05 :** Mboup et al., *Cartographie par télédétection de la végétation envahissante des zones humides du delta du fleuve Sénégal avec le satellite hyperspectral EO-1 Hyperion*
- 10h05-10h30 :** Jacquemoud et al., *Mesure et modélisation de l'albédo global et spectral de la Terre*

**10h30-11h00 :** Pause café

### **SESSION 5 : milieux urbains**

- 11h00-11h25 :** Adeline et al., *Reconnaissance de la réflectance des matériaux dans l'ombre des arbres en milieu urbain à partir de données aéroportées hyperspectrales et LIDAR 3D*
- 11h25-11h50 :** Meganem et al., *Démélange par Factorisation en Matrices Non négatives adapté à un mélange linéaire quadratique pour des images hyperspectrales urbaines*
- 11h50-12h15 :** Cubero-Castan et al., *Un nouveau modèle d'agrégation physique - Application au démixage de la température et des propriétés optiques des matériaux dans le domaine spectral de l'infrarouge thermique*
- 12h15-12h40 :** Fauvel & Sheeren, *Kernel Matrix Approximation for Learning the Kernel Hyperparameters*

**12h45-13h45 :** Pause déjeuner

### **SESSION 6 : méthodologie**

- 13h45-14h10 :** Déliot et al., *Analyse d'images hyperspectrales acquises en laboratoire sur des échantillons comportant des résidus de poudre*
- 14h10-14h35 :** Meillier et al., *Analyse des résidus de tir à l'arme à feu par des méthodes de démixage spectral*
- 14h35-15h00 :** Licciardi & Chanussot, *Different approaches for the fusion of hyperspectral and panchromatic images using induction and nonlinear PCA*
- 15h00-15h25 :** Xia et al., *Classification d'images hyperspectrales basée sur rotation forest*
- 15h25-15h50 :** Valero-Valbuena et al., *L'Arbre Binaire de Partitions : un outil pour la détection d'objets en imagerie hyperspectrale*
- 15h50-16h00 :** Briottet, *Clôture du colloque*

### **"STANDS"**

- [ACTIMAR](#) (Marc LENNON)
- [Bonsai Advanced Technologies](#) (Eric BECOURT)
- [Exelis Visual Information Solutions](#) (Ahmed BELAIDI)
- [LOT Oriel France](#) (Georges VEJNAR)
- [NOVELTIS](#) (Laure CHAUMAT)
- [TSI2M / Enssat](#) (kacem CHEHDI)



# Programme du 2<sup>e</sup> colloque scientifique de la SFTH 18 & 19 juin 2012 – ONERA Toulouse

Lundi 18 juin 2012 - SESSION 1 : planétologie

## **La surface de Titan vue par VIMS, l'imageur hyperspectral de la sonde Cassini**

T. Cornet<sup>1</sup>, S. Le Mouélic<sup>1</sup>, O. Bourgeois<sup>1</sup>, S. Rodriguez<sup>2</sup>, C. Sotin<sup>1,3</sup>, J.W. Barnes<sup>4</sup>, R.H. Brown<sup>5</sup>, K.H. Baines<sup>3</sup>, B.J. Buratti<sup>3</sup>, R.N. Clark<sup>6</sup>, P.D. Nicholson<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, CNRS-UMR 6112, Université de Nantes, France

<sup>2</sup>Laboratoire AIM, Université Paris Diderot – Paris 7/CNRS/CEA-Saclay, Gif sur Yvette, France

<sup>3</sup>Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91109, USA

<sup>4</sup>Department of Physics, University of Idaho, Engineering-Physics Building, Moscow, ID 83844, USA

<sup>5</sup>Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

<sup>6</sup>United States Geological Survey, Denver, CO 80225, USA

<sup>7</sup>Department of Astronomy, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA

**Résumé :** Titan est le plus gros satellite de Saturne. Il possède une épaisse atmosphère, riche en diazote (95%) et en méthane (1-5%), qui absorbe fortement le rayonnement lumineux dans le visible et l'infrarouge. L'importante photochimie présente dans l'atmosphère de Titan, déclenchée par la photodissociation du méthane, entraîne la production d'une brume d'aérosols opaque et orangée dans le visible. La sonde Cassini est en orbite dans le système de Saturne depuis Juillet 2004 et effectue environ une dizaine de survols de Titan par an. A son bord, l'imageur hyperspectral VIMS (*Visual and Infrared Mapping Spectrometer*) est constitué d'un canal visible et d'un canal infrarouge qui fonctionne entre 0.9 et 5.1  $\mu\text{m}$ . VIMS n'est capable d'imager la surface de Titan qu'à quelques longueurs d'onde baptisées « fenêtres atmosphériques », dans lesquelles l'absorption par le méthane est la plus faible. Elles sont centrées à 0.93, 1.08, 1.27, 1.59, 2.01, 2.7-2.8 et 5  $\mu\text{m}$ . Néanmoins, les images de surface sont grandement altérées aux courtes longueurs d'onde par la diffusion liées aux aérosols présents dans l'atmosphère de Titan. Afin de mener des études concernant la surface de Titan à l'aide de VIMS, nous développons actuellement une méthode empirique de correction de la diffusion atmosphérique afin de minimiser l'influence des aérosols dans les fenêtres atmosphériques. L'information hyperspectrale issue de ces traitements, combinée par la suite aux informations géologiques/géomorphologiques extraites des images acquises par l'instrument RADAR à bord de la sonde Cassini, permet alors l'étude détaillée de zones d'intérêts tels les lacs présents à la surface de Titan. Ontario Lacus, le plus grand lac de l'hémisphère sud de Titan, a ainsi bénéficié d'une étude géomorphologique conjointe VIMS/RADAR permettant la description détaillée de son environnement.

## **L'activité atmosphérique et le climat de Titan surveillés par l'imageur hyperspectral VIMS de la sonde Cassini**

S. Rodriguez<sup>1</sup>, S. Le Mouélic<sup>2</sup>, J.W. Barnes<sup>3</sup>, M. Hirtzig<sup>4</sup>, P. Rannou<sup>5</sup>, C. Sotin<sup>2,6</sup>, R.H. Brown<sup>7</sup>, J. Bow<sup>3</sup>, G. Vixie<sup>3</sup>, T. Cornet<sup>2</sup>, O. Bourgeois<sup>2</sup>, C. Narteau<sup>8</sup>, S. Courrech du Pont<sup>9</sup>, A. Coustenis<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire AIM, Université Paris Diderot – Paris 7/CNRS/CEA-Saclay, Gif sur Yvette, France

<sup>2</sup>Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, CNRS-UMR 6112, Université de Nantes, France

<sup>3</sup>Département of Physics, University of Idaho, Engineering-Physics Building, Moscow, USA

<sup>4</sup>LESIA, Observatoire de Paris, section de Meudon, Meudon, France

<sup>5</sup>Groupe de Spectroscopie Moléculaire et Atmosphérique, Université de Reims, France

<sup>6</sup>Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, USA

<sup>7</sup>Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

<sup>8</sup>Institut de Physique du Globe, Laboratoire de Dynamique des Fluides Géologiques, Paris, France

<sup>9</sup>Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, Université Paris Diderot, Paris, France

**Résumé :** Titan, le plus gros satellite de Saturne, est le seul satellite du système solaire avec une atmosphère dense, principalement composé d'azote moléculaire et de méthane, et des étendues stables de liquides à sa surface. Les observations régulières de Titan dans l'infrarouge par les caméras multispectrales ISS (Imaging Science Subsystem) et l'imageur hyperspectral VIMS (Visual and Infrared Mapping Spectrometer) de la sonde Cassini, en orbite autour de Saturne depuis Juillet 2004, nous ont apporté la preuve que la troposphère et la basse

stratosphère de Titan sont le siège d'un cycle climatique analogue au cycle hydrologique terrestre, mais dans lequel les hydrocarbures (méthane et éthane pour l'essentiel) jouent un rôle prépondérant. Le méthane et l'éthane en effet s'évaporent, forment des nuages et précipitent selon un cycle fortement contrôlé par la latitude et les saisons (de sept années terrestres). Globalement dominé par un climat aride à semi-aride, Titan semble présenter des tropiques plus secs que ses pôles, où se concentre l'essentiel de l'activité nuageuse et des réservoirs de liquide. Pourtant, au moment de l'équinoxe de printemps en août 2009, ISS et VIMS ont observé une augmentation (passagère mais significative) du nombre d'« orages équatoriaux », suivis de précipitations massives et étendues. C'est également autour de l'équinoxe de printemps qu'ont été découverts dans les données VIMS des sursauts de brillance épisodiques, mais très intenses, dans l'infrarouge, très proches de l'équateur de Titan. A trois occasions uniquement, quelques mois terrestres avant et après l'équinoxe, de vastes régions équatoriales ont vu en effet subitement, et pour une période très courte, leur brillance grandement croître dans des longueurs d'onde comprises entre 2 et 5  $\mu\text{m}$ . Cela n'avait jamais été observé auparavant et semble suggérer un phénomène atmosphérique très proche de la surface. L'origine de ces phénomènes isolés sera discutée et mise en perspective avec notre connaissance actuelle de la climatologie de Titan et de l'interaction complexe entre la surface et la basse atmosphère du satellite, révélés en grande partie par l'imagerie hyperspectrale.

### **Surface photometric properties from CRISM/MRO hyperspectral multi-angle observations**

J. Fernando<sup>1</sup>, F. Schmidt<sup>1</sup>, X. Ceamanos<sup>2</sup>, S. Douté<sup>2</sup>, P. Pinet<sup>3</sup>, Y. Daydou<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IDES/UMR 8148, CNRS-Université Paris-Sud 11, Orsay, France

<sup>2</sup> IPAG/UMR 5274, CNRS-Université Joseph Fourier, Grenoble, France

<sup>3</sup> IRAP/UMR 5562, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS-Université Paul Sabatier, Toulouse, France

**Résumé :** notre objectif est de caractériser le comportement photométrique de l'état de surface de Mars depuis l'orbite grâce à des mesures hyperspectrales multi-angulaires systématiques obtenues par l'instrument CRISM (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars) à bord de la sonde MRO (Mars Reconnaissance Orbiter). Avant cela, les effets photométriques liés à la contribution atmosphérique doivent être pris en compte. Une correction de l'absorption des gaz est utilisée et une nouvelle approche, sous le nom de MARS-ReCO (Multiangle Approach for Retrieval of Surface Reflectance for CRISM Observations), a été développée pour corriger les effets de diffusion des aérosols, qui devient possible grâce aux données multi-angulaires systématiques de CRISM. Avant d'appliquer cette correction à l'ensemble des données CRISM, il est nécessaire de s'assurer de son bon fonctionnement sur la vérité terrain. Afin de valider la procédure MARS-ReCO, les courbes photométriques issues des données spatiales CRISM sont comparées aux courbes photométriques dérivés des mesures réelles de terrain acquises par l'instrument Panoramic camera (PANCAM) à bord des robots géologues Mars Exploration Rovers (MER), Spirit et Opportunity, respectivement dans le cratère Gusev et dans les plaines de Meridiani. Notre méthodologie a été menée en suivant les 3 étapes suivantes :

- *Sélection des observations CRISM.* La fonction de phase d'émission (EPF for Emission Phase Function) est associée aux observations Full Resolution Targeted (FRT) composées de 11 images hyperspectrales prises à des angles d'émergence différents de la même cible. Afin d'estimer les paramètres physiques de surface, la gamme photométrique au sein d'une seule EPF peut être élargie en combinant plusieurs orbites. Grâce à cela, l'échantillonnage de la réflectance bidirectionnelle est plus complète. Les 11 images de chaque EPF sélectionnée sont combinées et la résolution spatiale est dégradée à 300 m/pixel.
- *Détermination de la réflectance bidirectionnelle de surface.* Le signal issu de la surface contient la contribution des gaz et des aérosols due à des phénomènes d'absorption et de diffusion. La procédure MARS-ReCO est utilisée afin de déterminer la réflectance bidirectionnelle de la surface en considérant l'anisotropie des aérosols et de la surface martienne et la profondeur optique des aérosols.
- *Détermination des paramètres physiques.* La réflectance bidirectionnelle de surface ainsi déterminée aux géométries d'observations est analysée en utilisant un modèle photométrique d'Hapke à 6 paramètres comprenant : l'albédo de diffusion simple  $\omega$ , la rugosité macroscopique  $\theta$ , la fonction de phase d'une particule décrite en utilisant un modèle Henyey-Greenstein à 2 lobes incluant le paramètre  $b$  (paramètre d'asymétrie) et le paramètre  $c$  (fraction de rétrodiffusion) et l'effet d'opposition avec comme paramètres la largeur  $h$  et la magnitude  $BO$  du pic d'opposition (dans notre cas, la gamme d'angles de phase est supérieure à  $30^\circ$  et donc  $h$  et  $BO$  ne sont pas contraints). Les paramètres sont obtenus par inversion du modèle de Hapke via une méthode d'inversion bayésienne à une longueur d'onde de 750 nm.

La bonne cohérence des résultats photométriques de cette étude avec les résultats photométriques faites in situ avec les robots MER démontre que MARS-ReCO fournit une réflectance bidirectionnelle significative et par notre méthode d'inversion du modèle photométrique, des paramètres physiques réalistes. Actuellement nous tentons de produire des cartes de la réflectance bidirectionnelle de la surface et des différents paramètres afin de caractériser les processus géologiques régionaux de Mars.

**Caractérisation d'un panache d'aérosols industriels par imagerie hyperspectrale**

A. Deschamps<sup>1</sup>, R. Marion<sup>1</sup>, P.Y. Foucher<sup>2</sup>, X. Briottet<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

<sup>2</sup>ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

**Résumé :** les outils de télédétection ont été largement utilisés ces dix dernières années pour étudier la composition atmosphérique, et en particulier les aérosols. En effet, ces particules fines en suspension dans l'air ont un rôle majeur dans le bilan radiatif terrestre et l'étude de ces particules est nécessaire à une meilleure compréhension des changements climatiques. Ainsi, de nombreux produits satellites ont été développés pour fournir par exemple, à une échelle globale ou régionale, des cartes d'épaisseur optique d'aérosols. Cependant, la basse résolution spatiale des instruments utilisés (AVHRR, MODIS, MISR, POLDER) ne permet pas d'étudier les aérosols industriels proches de leur point d'émission. Pourtant, ces particules anthropiques sont justement les plus méconnues. Nous proposons donc, dans le cadre de cette étude, d'utiliser l'imagerie hyperspectrale aéroportée dans le visible et proche-infrarouge pour étudier les propriétés des aérosols dans un panache industriel. Des algorithmes ont déjà été développés pour estimer les propriétés des aérosols dans un panache à partir de données hyperspectrales. Cependant, ils n'ont été validés que pour des panaches optiquement épais, ce qui n'est généralement pas le cas des panaches industriels. De plus, ils sont basés sur des comparaisons avec des bases de données de propriétés radiatives, générées à partir d'un modèle physique d'aérosol. Or, les particules industrielles étant de natures très variables et peu étudiées, de tels modèles ne sont pas disponibles dans la littérature. C'est pourquoi nous avons tout d'abord étudié les propriétés physiques et radiatives de particules émises par une industrie métallurgique à partir de mesures *in situ* (voir les exemples de coefficient d'extinction et d'albédo donnés figure 1). Ensuite, un modèle d'aérosol, adapté à ces particules, a pu être proposé. Enfin, nous avons développé une nouvelle méthode de traitement d'images pour inverser les propriétés des aérosols, basée sur la physique des phénomènes radiatifs. Tout d'abord, le panache est segmenté en utilisant les bandes spectrales du visible pour lesquelles la diffusion des aérosols est maximale (voir figure 2). Puis, la réflectance du sol est estimée, pour les pixels du panache, à partir d'une comparaison dans le proche-infrarouge avec les pixels hors panache. Ensuite, la contribution des aérosols du panache dans le signal de luminance hyperspectrale est formalisée à partir de l'équation du transfert radiatif dans l'atmosphère. Enfin, les propriétés des aérosols sont retrouvées par comparaison avec une base de données, en utilisant des algorithmes d'optimisation auxquels sont ajoutés des contraintes d'homogénéité spatiale. Cette méthode a été évaluée sur des données simulées à l'aide du code de transfert radiatif MODTRAN puis appliquée sur une image réelle, acquise par le capteur CASI lors de la campagne EUFAR sur le site industriel de Fos-sur-Mer, en septembre 2010.

**4A/OP: A fast & accurate operational forward radiative transfer model**

L. Chaumat<sup>1</sup>, C. Standfuss<sup>1</sup>, B. Tournier<sup>1</sup>, R. Armante<sup>2</sup>, V. Capelle<sup>2</sup>, N.A. Scott<sup>2</sup>, A. Chédin<sup>2</sup>, C. Pierangelo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>NOVELTIS, Ramonville-Saint-Agne, France

<sup>2</sup>LMD / IPSL, Ecole Polytechnique, Palaiseau, France

<sup>3</sup>CNES, Toulouse, France

**Résumé :** 4A/OP is the operational user-friendly software – developed by NOVELTIS with the support of CNES – of the LMD 4A (Automatized Atmospheric Absorption Atlas) forward radiative transfer model. Within this frame, NOVELTIS is in charge of the industrialization and the distribution of this operational 4A/OP software. The 4A/OP package is regularly updated and improved. It also contains a graphical user interface and a reference documentation. The associated Website <http://www.noveltis.fr/4AOP/> includes an on-line registration form. 4A/OP is distributed to registered users. 4A/OP has the official support of CNES for radiative transfer applications in the infrared; in particular, 4A/OP has been chosen by CNES as the official radiative transfer model for IASI level 1 Cal/Val and level 1 operational processing. This operational software is used by several research groups and can be integrated in operational processing chains including inverse problems processing. Additional and strengthened capabilities (based on updated spectroscopic parameters of the GEISA database, line mixing, scattering effects ...) of the new version – to be used by CNES in the Cal/Val of IASI/MetOp-B in 2012 – will be presented. An outlook on ongoing developments, in particular the extension to the Short Wave InfraRed domain (reference code for Microcarb mission), will be given.



## **Détection de polluants atmosphériques par imagerie hyperspectrale infrarouge : étude du cas de polluants gazeux en zone industrielle à haute résolution spatiale**

R. Idoughi<sup>1</sup>, P.Y. Foucher<sup>1</sup>, L. Poutier<sup>1</sup>, V. Achard<sup>1</sup>, X. Briottet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

**Résumé** : la pollution de l'air est un enjeu important pour les sociétés industrialisées, à la fois du point de vue sanitaire (maladies respiratoires, allergies, ...) et du point de vue climatique (réchauffement climatique et gaz à effet de serre). Les sources anthropiques, industrielles en particulier, émettent dans l'atmosphère gaz et aérosols qui influencent beaucoup les échanges atmosphériques. Cependant leur suivi à haute résolution spatiale en terme de facteurs d'émission reste peu précis. Cela s'explique par une grande diversité des espèces émises selon le site industriel, et une grande variabilité des concentrations mises en jeu selon les cadences des usines et les conditions météorologiques. Par ailleurs, la caractérisation des polluants est conditionnée à une bonne connaissance des conditions atmosphériques et des propriétés dispersives des panaches de pollution. Le travail présenté ici considère en premier lieu les composés gazeux. Les travaux hyperspectraux atmosphériques se sont pendant longtemps limités à la correction atmosphérique qui consiste à considérer l'atmosphère comme un bruit de mesure à corriger. Les avancées technologiques en terme de résolution spectrale ont permis ensuite de considérer les gaz en tant que sujet d'étude, et leurs signatures spectrales comme le signal utile. Dans un premier temps, des méthodes de type détection d'anomalies et classification supervisée sont apparues pour détecter la présence de différentes espèces gazeuses sur des acquisitions hyperspectrales. Plus récemment, des travaux notamment dans le SWIR ont permis de quantifier la teneur du CO<sub>2</sub> en particulier lors d'épisodes de feux de biomasse, ou d'usines thermiques. Contrairement au SWIR, dans le domaine thermique (MWIR-LWIR), où se retrouvent les signatures de la majorité des gaz, la température du panache joue un rôle prépondérant dans l'intensité des signatures des composés gazeux. De plus, de façon intrinsèque, seule la quantité intégrée de gaz sur une colonne peut être détectée par imagerie hyperspectrale. Enfin, la plupart des méthodes de caractérisation se basent sur une linéarisation du différentiel de signature entre un pixel propre et un pixel pollué considérant le sol homogène localement. Nous sommes alors confrontés à un double enjeu pour quantifier les flux et concentrations des émissions gazeuses sur les sites industriels qui présentent de très fortes hétérogénéités de surface :

- Comment formuler le problème de la caractérisation de panache de gaz en milieu hétérogène, en mode direct et en mode inverse ?
- Comment contraindre la détection de panache pour s'affranchir au maximum des inconnues liées à son étendue verticale et à la température du panache dans l'infrarouge thermique ?

Nous proposons ici de commencer à répondre à ces deux enjeux par une nouvelle formulation de la signature d'un panache gazeux, adaptée aux milieux hétérogènes, sous la forme d'un outil de simulation hybride. Ce dernier s'appuiera sur des acquisitions hyperspectrales infrarouges à haute résolution spatiale et spectrale du visible à l'infrarouge thermique, sur des sorties de modèles de dispersion pour la description des panaches en terme de distribution spatiale 3D, de concentration et de température et sur un calcul terme à terme des composantes de l'équation du transfert radiatif afin de représenter de façon réaliste des images hyperspectrales contenant des panaches gazeux sur site industriel.

### **Lundi 18 juin 2002 - SESSION 3 : littoral, géophysique**

#### **Evaluation des capacités de la télédétection HYPerspectrale et développement de méthodes innovantes de traitement d'images pour des applications Défense en zone LITTorale (HYPLITT)**

A. Guillaume<sup>1</sup>, S. Jay<sup>1</sup>, O. Eches<sup>1</sup>, M. Lennon<sup>2</sup>, G. Sicot<sup>2</sup>, N. Vigneau<sup>2</sup>, V. Serfaty<sup>3</sup>, J. Blanc-Talon<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut FRESNEL, Marseille, France

<sup>2</sup> SAS ACTIMAR, 36 Quai de la Douane, 29200 Brest, France

<sup>3</sup> DGA

**Résumé** : le projet de recherche exploratoire et innovation (REI) Hyplitt, soutenu par la DGA, est basé sur une collaboration entre l'Institut Fresnel et l'entreprise Actimar. Ce projet a démarré en octobre 2010. Le but est le développement de méthodes innovantes pour l'analyse d'images hyperspectrales en zone côtière. Nous présentons ici le volet concernant les problématiques d'inversion et d'estimation des paramètres de la colonne d'eau, ainsi que la détection d'objets immergés. Dans un premier temps nous montrons les données acquises dans trois sites autour de la presqu'île de Quiberon, puis nous abordons la problématique de l'inversion de la colonne d'eau en développant deux approches innovantes : une approche d'inversion s'appuyant sur des caractéristiques particulières du modèle de transfert radiatif dans l'eau, et une approche d'estimation au sens du maximum de

vraisemblance ou du maximum *a posteriori*. Ces approches sont évaluées et comparées à l'approche classique d'inversion. Par ailleurs, nous présentons les résultats de la détection d'objets immergés, obtenus avec des filtres « bathymétriques », issus du test du rapport de vraisemblance généralisé (GLRT), conçus pour cette application. La présence de fonds de profondeur variable est prise en compte par une modélisation simple.

### **Vers une méthodologie de cartographie des récifs coralliens par télédétection hyperspectrale**

M. Lennon<sup>1</sup>, G. Sicot<sup>1</sup>, N. Thomas<sup>1</sup>, S. Smet<sup>1</sup>, C. Taillendier<sup>1</sup>, E. Dutrieux<sup>2</sup>, C. Richard<sup>2</sup>, J.P. Quod<sup>3</sup>, O. Deloumeau<sup>4</sup>, D. Corman<sup>5</sup>, P. Watremez<sup>5</sup>, F. Gauthiez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> SAS ACTIMAR, 36 Quai de la Douane, 29200 Brest, France

<sup>2</sup> CREOCEAN, 34080 Montpellier, France

<sup>3</sup> ARVAM-PARETO, 97490 Sainte-Clotilde, La Réunion, France

<sup>4</sup> MEMORIS / GROUPE FIT, 44307 Nantes, France

<sup>5</sup> Agence des Aires Marines Protégées, 29200 Brest, France

**Résumé** : une méthodologie de cartographie des récifs coralliens par télédétection hyperspectrale actuellement en cours de développement à Actimar sera présentée. L'établissement de cette méthodologie et son application opérationnelle pour production cartographique est soutenue par l'Agence des Aires Marines Protégées, à travers une convention de partenariat avec Actimar définissant le projet REFCAR, dont les résultats serviront en particulier le programme SPECTRHABENT de « cartographie récifale des îles françaises de l'Océan Indien à partir de données hyperspectrales », programme impliquant la Préfecture de la Réunion, les Terres Australes et Antarctiques Françaises, l'Agence des Aires Marines Protégées, et Ifremer, ainsi que le programme de cartographie de la Martinique aux Antilles. La méthodologie comprend les éléments suivants : protocole d'acquisition de données hyperspectrales aéroportées ; protocole d'acquisition de données de spectroscopie sous-marine ; prétraitement géométrique et atmosphérique des données permettant de produire des données de réflectance de surface ; correction des effets de surface ; estimation des paramètres de la colonne d'eau, bathymétrie et paramètres de réflectivité du fond ; estimation du spectre de réflectance du fond ; segmentation / classification du fond selon typologie définie par les experts thématiques ; estimation de bio indicateurs permettant le suivi de l'état de santé des récifs ; intégration des résultats dans un SIG et portail web associé à destination des gestionnaires pour le monitoring des récifs ; évaluation de l'apport d'une acquisition couplée hyperspectral / lidar hydrographique pour l'estimation des paramètres et la cartographie. Certains éléments de la méthodologie ont déjà été mis en œuvre au travers de deux autres projets : Litto3D Océan Indien (protocole d'acquisition des données hyperspectrales aéroportées couplées au lidar hydrographique, et prétraitement des données) ; cartographie hyperspectrale / lidar hydrographique des récifs coralliens de l'atoll d'Ari, dans le cadre du projet « changement climatique et cartographie des Maldives », en collaboration avec les experts récifs coralliens des sociétés CREOCEAN et ARVAM-PARETO, et les experts SIG de la société MEMORIS / GROUPE FIT (protocoles d'acquisition des données aéroportées et sous-marines, prétraitement des données, bathymétrie et paramètres de réflectivité, typologie et segmentation, intégration SIG et portail web). Les méthodes de correction des effets de surface, d'estimation du spectre de réflectance du fond, et l'évaluation de l'apport des acquisitions couplées hyperspectral / lidar sont en cours de développement dans le cadre du projet REFCAR. Le développement des méthodes de classification et établissement des bio indicateurs seront menés dans le cadre du programme Spectrhabet. Les grandes lignes de la méthodologie seront présentées, ainsi que les résultats déjà obtenus dans le cadre des projets Litto3D Océan indien et Cartographie des récifs coralliens de l'atoll d'Ari aux Maldives, et les développements méthodologiques en cours dans le cadre du projet REFCAR.

### **Présentation de la base de données hyperspectrales d'EPOC**

A. Dehouck<sup>1,2,3</sup>, V. Lafon<sup>1,2,3</sup>, B. Lubac<sup>2,3</sup>, S. Kervella<sup>1,2,3</sup>, D. Bru<sup>2,3</sup>, M. Schmeltz<sup>2,3</sup>, A. Roubache<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> GEO-Transfert, ADERA, 162 avenue A. Schweitzer, 33608 Pessac, France

<sup>2</sup> Université de Bordeaux, EPOC, UMR 5805, avenue des Facultés, 33405 Talence, France

<sup>3</sup> CNRS, EPOC, UMR 5805, avenue des Facultés, 33405 Talence, France

**Résumé** : coastal areas are very attractive places worldwide but they undergo significant changes due to natural variability, climate change and anthropogenic activities. The macrotidal lagoon of Arcachon (SW of France) is characterized by a wide range of natural habitats classified in the Natura 2000 network. The Arcachon lagoon is composed of wide intertidal mud and sand flats subject twice a day to tidal inundation that left them partially inundated even at low tide levels. Intertidal flats are characterized by a thin vegetation cover of *Zostera noltii* aquatic plants. The upper tidal levels are occupied by coastal salt-marshes formed by several halophytic plant communities which also constitute valuable habitats with regards to biodiversity and ecosystem functioning. To ensure long-term monitoring over wide coastal areas and assess their changes over time, spaceborne remote sensing has long been considered as an efficient and low-cost tool. This contribution forms a part of an ongoing

research work that aims to derive accurate spatial maps of the Arcachon Lagoon from high-resolution multispectral optical imagery (e.g. using Spot and Formosat ) and potentially from hyperspectral imagery as well. This work has recently been funded by the CNES in the frame of the ORFEO program (Pleiades preparatory program) in 2010 and TOSCA SYNIHAL in 2011. These two last years, we collected reflectance spectra over a wide range of sediments and vegetation covers, namely seagrass meadows of *Zostera noltii*, green seaweeds and salt-marsh vegetation species, the patrimonial *Spartina maritima* and its invasive counterpart *Spartina anglica*. Microphytobenthos biofilms are also widely present over intertidal flats which NDVI are similar to that of *Zostera* seabeds. The multispectral signatures of green algae and *Spartina sp.* are also very close to the one of *Zostera* causing confusion when interpreting multispectral optical images. This paper investigates their hyperspectral signatures over space and time in order to determine if these species can be dissociated one from each other using multispectral bands or band associations (e.g. NDVI), and if not, what is the potential of hyperspectral imagery to do so.

## Mardi 19 juin 2012 - SESSION 4 : sol, végétation

### Estimation du taux d'Argile en condition semi-végétalisée par traitement d'images Hyperspectrales

C. Gomez<sup>1</sup>, W. Ouerghemmi<sup>2</sup>, P. Lagacherie<sup>3</sup>, N.M. Saber<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IRD, UMR – LISAH, Laboratoire d'Etude des Interactions Sol – Agrosystème – Hydrosystème, INRA – IRD – SupAgro, 2 place Viala, 34060, Montpellier, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Télédétection et Systèmes d'Information à Référence Spatiale, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie

<sup>3</sup> INRA, UMR – LISAH, Laboratoire d'étude des Interactions Sol – Hydrosystème, INRA – IRD – SupAgro, 2 place Viala, 34060, Montpellier, France

**Résumé :** L'imagerie hyperspectrale visible et proche infrarouge (Vis-NIR) a d'ores et déjà montré son efficacité dans la détermination des propriétés de sol de surface, via l'utilisation de méthodes multivariées telle que la Partial Least Square Regression (PLSR). Néanmoins l'utilisation de l'imagerie hyperspectrale Vis-NIR est pour le moment limitée aux surfaces de sols nus, l'efficacité des techniques diminuant en présence de végétation en surface. Pour pallier cette limitation en surface semi-végétalisée, une voie d'exploration existe via les méthodes de séparation aveugle de sources (Blind Source Separation - BSS). Ces méthodes ont pour but d'extraire les signaux sources à partir de mélanges de ces signaux, ceci sans avoir d'informations sur ces signaux sources ni sur leur combinaison. Dans notre cas, il s'agit d'extraire, par la technique de la BSS, un signal de sol nu à partir de signaux mixtes sol/végétation. Le signal estimé de sol nu est ainsi utilisé dans les modèles de régression classique tels PLSR, afin de prédire les propriétés primaires de sol correspondant au sol identifié par BSS. Une image hyperspectrale Hymap a été acquise sur le bassin versant de La Peyne (France) avec une résolution spatiale de 5m. 96 échantillons de sol ont été récoltés sur des pixels Hymap de sols nus, 49 sur des pixels Hymap mixtes sol/végétation. Le taux d'argile de ces 145 échantillons de sol a été mesuré par analyse physico-chimique. L'algorithme InfoMax, appartenant à la classe des algorithmes neuronaux de la BSS, a été utilisé pour extraire les signaux de sols nus des signaux mixtes sol/végétation. La méthode PLSR a été utilisée pour construire un modèle de prédiction d'Argile à partir des 96 spectres Hymap de sols nus. Nous avons cherché à prédire les taux d'argile sur les 49 « placettes » de surfaces semi-végétalisées (une « placette » est définie par une grille de 3x3pixels de signaux mixtes sol/végétation centrée sur le pixel Hymap mixte pour lequel un échantillon de sol a été récolté). La procédure suit les 4 étapes suivantes : 1) Sélection de 3 spectres parmi les 9 pixels de la « placette », dont systématiquement le pixel central, 2) Application de l'Infomax sur ces 3 spectres pour l'extraction de 3 signaux sources, 3) Identification du signal « Sol » parmi les 3 signaux extraits par Infomax en comparant les signaux sources à un spectre de sol moyen (moyenne des 96 spectres Hymap sur sols nus) 4) Estimation par PLSR du taux d'argile pour le signal "sol" extrait par Infomax. Pour chaque placette, la procédure a été réalisée 20 fois (20 combinaisons de 3 signaux mixtes). La moyenne des 20 taux d'argile estimée est alors attribuée au pixel central. Plus le NDVI augmente, plus Infomax a des difficultés à extraire un signal « Sol » précis. Néanmoins, près de 34% des placettes ont pu être prédites avec précision (RMSE<50g/kg), et près de 15% ont pu être prédites avec une précision acceptable (entre 50 et 80g/kg). Ainsi, les résultats obtenus pour ces 49 placettes ont mis en évidence le potentiel de l'Infomax pour l'extraction de signal Sol.

### Classification de scènes de végétation par utilisation de l'imagerie hyperspectrale et l'imagerie SAR polarimétrique

A. Alakian<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ONERA/DTIM/PSR

**Résumé :** nous nous intéressons à la complémentarité entre l'imagerie hyperspectrale et l'imagerie SAR



polarimétrique pour la caractérisation de la végétation. Nous proposons une méthode de classification dédiée à la végétation qui utilise à la fois l'information radiométrique et l'information spatiale disponibles pour les deux types d'imagerie. Cette méthode se décompose en trois étapes : la segmentation de la scène, le calcul d'attributs radiométriques et spatiaux pour chaque région issue de la segmentation et enfin la classification. L'étape de segmentation est effectuée sur l'image hyperspectrale avec une méthode fondée sur l'utilisation récursive de l'algorithme Espérance-Maximisation. Dans la seconde étape, chaque région obtenue est caractérisée avec un vecteur d'attributs qui est calculé à partir des données hyperspectrales et SAR et qui rassemble des informations radiométriques et texturales. Les attributs radiométriques sélectionnés sont les réflectances spectrales, les bandes issues des décompositions par Analyse en Composantes Principale et Minimum Noise Fraction ainsi que les indices de végétation pour l'imagerie hyperspectrale, les coefficients d'Hoekman et les bandes issues de la décomposition de Pauli pour l'imagerie SAR polarimétrique. Les attributs de texture sont quant à eux obtenus à partir des coefficients d'Haralick et du filtrage par bancs de filtres de Gabor. Dans la troisième et dernière étape, une classification hiérarchique est appliquée sur l'ensemble des vecteurs d'attributs. Une métrique reflétant l'hétérogénéité des différents types d'information est définie pour cette tâche. Afin d'évaluer la méthode proposée, le jeu de données collecté lors d'une campagne en octobre 2011 sur le site agricole de Nîmes-Garons (France) est utilisé. Ce jeu de données contient une image hyperspectrale acquise avec le capteur Hypspec dans l'intervalle spectral [0.4 – 1.0µm], des images polarimétriques acquises en bandes P et L avec le capteur Sethi, et des données terrain qui caractérisent les différents types de sols rencontrés dans la scène. Les résultats sont encourageants et semblent illustrer la complémentarité des capteurs : alors que l'imagerie hyperspectrale permet de distinguer différents types de végétation selon leur niveau de maturité, l'imagerie SAR polarimétrique apporte quant à elle des informations sur la structure (notamment la hauteur).

### **Cartographie par télédétection de la végétation envahissante des zones humides du delta du fleuve Sénégal avec le satellite hyperspectral EO-1 Hyperion**

M. Mboup<sup>1</sup>, J.C. Berges<sup>2</sup>, G. Beltrando<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Ecologie végétale et d'Ecophysologie, EDEQUE, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

<sup>2</sup> UMR 8586 CNRS, Pôle Recherche pour l'Orientement et la Diffusion de l'Information Géographique (PRODIG), Paris, France

**Résumé** : le delta du fleuve Sénégal est situé dans la zone sahélienne entre 15°50'-16°30'N et 15°30'-16°30'W. En 1985, un barrage anti-sel a été édifié dans la partie amont de l'estuaire, vers Diama, dans le but de stopper l'intrusion des eaux marines dans le fleuve très affecté par les déficits pluviométriques chroniques, après trois décennies de sécheresse. Ce barrage a permis une large extension du domaine irrigué grâce à la disponibilité en toute saison de l'eau douce. Cependant, cette intervention a profondément modifié le système hydrologique. La conséquence la plus immédiate a été l'envahissement des zones humides par la végétation aquatiques, principalement *Typha domingensis*. Sa progression rapide cause de sérieux dommages à ces écosystèmes et aux activités socioéconomiques connexes. Le suivi par télédétection de ce type de végétation peut s'avérer à la fois difficile et fastidieux mais constitue le moyen le plus sûr d'apprécier l'étendue de la colonisation. La cartographie par télédétection de la végétation des zones humides soulève des questions techniques liées à la présence d'eau dans les feuilles, l'humidité du sol et la distribution spatiale de la végétation. Selon la succession des différentes phases phénologiques, *Typha domingensis* peut présenter des caractéristiques spectrales très proches de celle du riz qui constitue la principale spéculature dans la région. Dans ce papier, nous comparons la distribution spatiale de la végétation aquatique avec des images multispectrales Landsat TM et hyperspectrales avec EO1-Hyperion. La validation des résultats s'est faite avec des études de références réalisées en 2002 par l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal). Les premiers résultats montrent que la précision des classifications obtenues avec les images hyperspectrales surpassent de loin celles avec les images multispectrales. Alors que ces dernières fournissent vaguement un échantillonnage discontinu du spectre de réflectance, les centaines de bandes étroites d'une image hyperspectrale restituent complètement le continuum d'informations. Et, certaines propriétés de réflectance spécifiques à la végétation aquatique ont besoin de ce type d'informations pour leur caractérisation. Pour y parvenir, nous avons mis en évidence les bandes spectrales situées dans les longueurs d'onde d'absorption maximale dans le Visible pour déterminer les propriétés spectrales spécifiques aux Typhas. Cet exercice a démontré une grande efficacité pour la discrimination végétation aquatique/végétation terrestre. La principale difficulté dans la réalisation de ce travail a été la disponibilité de logiciels adéquats pour le traitement de cette masse critique d'informations. Tout d'abord, les données hyperspectrales ne sont pas juste une extension qualitative et quantitative des données multispectrales. Elles nécessitent un pré-traitement spécifique. Par ailleurs les bandes hyperspectrales sont nombreuses et fortement corrélées, ce qui peut rendre la classification difficile. Cependant, bien qu'EO-1 Hyperion soit un satellite expérimental avec une fauchée relativement étroite, cette étude a démontré qu'il est un outil très pertinent pour extraire les principales caractéristiques de la végétation des zones humides.

## **Mesure et modélisation de l'albédo global et spectral de la Terre**

S. Jacquemoud<sup>1</sup>, C. Duffour<sup>1</sup>, F. Fluteau<sup>1</sup>, G. Le Hir<sup>1</sup> & L. Yan<sup>1</sup>, L. Arnold<sup>2</sup>, Y. Donnadieu<sup>3</sup>, J. Schneider, D. Briot<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France

<sup>2</sup> Observatoire de Haute Provence, Saint Michel l'Observatoire, France

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Saclay, France

<sup>4</sup> Observatoire de Paris, Meudon, France

**Résumé :** l'albédo du système Terre-atmosphère, c'est-à-dire sa réflectance moyenne dans le domaine solaire, est une variable clé du climat. Son spectre, dans lequel on distingue une signature de la végétation terrestre, a fait l'objet de plusieurs études ces dix dernières années, pour des applications en exobiologie. En effet, la détection de la signature d'une activité photosynthétique à l'échelle globale sur l'une des 700 exoplanètes recensées à ce jour apporterait la preuve de l'existence d'une vie extraterrestre. L'albédo spectral et global de la Terre a été mesuré expérimentalement dans le cadre du projet LUCAS (Lumière Cendrée en Antarctique par Spectroscopie). On peut aussi le simuler pour une Terre actuelle, ou à différentes époques géologiques, en couplant des données paléomagnétiques à des modèles de climat, de dynamique de la végétation et de réflectance des surfaces.

## **Mardi 19 juin 2011 - SESSION 5 : milieux urbains**

### **Reconnaissance de la réflectance des matériaux dans l'ombre des arbres en milieu urbain à partir de données aéroportées hyperspectrales et LIDAR 3D**

K. Adeline<sup>1,2</sup>, X. Briottet<sup>1</sup>, N. Paparoditis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

<sup>2</sup> Université de Toulouse, Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE), 31055 Toulouse, France

<sup>3</sup> IGN – MATIS, 2 avenue Pasteur F 94165 Saint-Mandé Cedex, France

**Résumé :** reflectance retrieval from hyperspectral imagery is a key parameter for land cover mapping. However most of these retrieval methods are limited in urban areas with the use of high spatial resolution sensors because they do not take into account the 3D radiative impact of the urban environment. A recent tool, ICARE (ONERA), is able to retrieve surface reflectance in the reflective domain (0.4–2.5 $\mu$ m) in the sunlit and shadow areas overcoming both slope and environmental effects. Its main inputs are atmospheric conditions and the 3D vector model of the scene. This model has proven to perform with good accuracy in shadowed areas cast by opaque structures. Nevertheless ICARE has never been tested in the shadow of vegetation because the 3D information was not available. In this paper, a new dataset including 3D lidar (0.25m) and hyperspectral (CASI 0.5m) data acquired over Norrköping is processed demonstrating the potential of ICARE to retrieve the surface reflectance over any type of shadows. The results will be assessed by comparing the retrieved reflectance of a given material both in the sunlit and shadow areas. Further, the gain brought by ICARE compared to a flat scene assumption reflectance retrieval method will be evaluated in terms of classification performances.

### **Démélange par Factorisation en Matrices Non négatives adapté à un mélange linéaire quadratique pour des images hyperspectrales urbaines**

I. Meganem<sup>1,2</sup>, Y. Deville<sup>2</sup>, S. Hosseini<sup>2</sup>, P. Déliot<sup>1</sup>, X. Briottet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

<sup>2</sup> Université de Toulouse, UPS-OMP, CNRS, IRAP, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

**Résumé :** hyperspectral unmixing consists in decomposing pixel spectra into constituent spectra corresponding to pure materials (endmembers). Most existing methods are based on linear mixtures of the endmember reflectances, which is only valid when the surface is flat and homogeneous. In the case of urban area sensing, due to the 3D structure of the buildings, such assumptions are no more valid. In this investigation, we first derive the mixing model faced in urban spectral unmixing. Starting from physical equations based on radiative transfer theory, we deduce a linear-quadratic model. Then, a suitable unmixing method is proposed to extract the spectra of the materials composing the pixels. Our study led us to a separation method based on Non-negative Matrix Factorization (NMF). This class of methods is well-suited when data is positive and satisfies a linear model. The proposed method is an extension of NMF adapted to linear-quadratic models. The method relies on a new calculation of the gradient taking into account the quadratic terms in the model. The proposed algorithm is tested with synthetic mixtures of real endmember spectra. First results are encouraging and show good agreement with respect to spectral signature.

## **Un nouveau modèle d'agrégation physique - Application au démixage de la température et des propriétés optiques des matériaux dans le domaine spectral de l'infrarouge thermique**

M. Cubero-Castan<sup>1</sup>, M. Shimont<sup>2</sup>, X. Briottet<sup>1</sup>, V. Achard<sup>1</sup>, J. Chanussot<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

<sup>2</sup> RMA Bruxelles, Belgique

<sup>3</sup> GIPSA LAB, Grenoble, France

**Résumé** : la nouvelle génération de capteurs aéroportés d'image hyperspectrale dans le domaine de l'infrarouge thermique ouvre de nouvelles voies dans les domaines de classification urbaine, de d'évaluation d'isolation thermique dans les bâtiments, etc. Néanmoins, le signal résulte de combinaisons non linéaires et complexes des luminances provenant de chaque matériau présent dans la scène. La compréhension d'un tel signal nécessite le développement d'un modèle d'agrégation qui explique l'influence de chaque matériau sur le signal acquis par le capteur. Cette présentation analysera le modèle d'agrégation proposé et sa validation sur des simulations et sur des mesures provenant de la campagne EUFAR - Salon de Provence.

## **Kernel Matrix Approximation for Learning the Kernel Hyperparameters**

M. Fauvel<sup>1</sup>, D. Sheeren<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR 1201 DYNAFOR, INRA et Université de Toulouse, France

**Résumé** : les méthodes à noyaux sont des algorithmes efficaces pour traiter les données hyperp spectrales. De nombreuses applications ont vu le jour ces dernières années (classification, détection, estimation de paramètres biophysiques, démélange spectral. . . ). Schématiquement, on peut décomposer un algorithme à noyau en trois étapes : 1) Choix du noyau en fonction des données à traiter, 2) Réglage des hyperparamètres du noyau et 3) Apprentissage des paramètres de la méthode, qui en général revient à résoudre un problème d'optimisation sous contraintes. La sélection des hyperparamètres est une étape cruciale pour la qualité de l'apprentissage. En classification, plusieurs méthodes ont été proposées dans la littérature pour évaluer la qualité de l'apprentissage. La plus utilisée est la validation croisée (CV) qui fournit une estimation de l'erreur réelle de classification. Pour un jeu d'hyperparamètres, l'ensemble d'entraînement est divisé en  $V$  sous-ensembles de tailles identiques. L'algorithme est entraîné avec  $V - 1$  sous-ensembles et l'erreur de classification empirique est calculée sur le sous-ensemble restant. Le processus est itéré pour testés tout les sous-ensembles et l'erreur réelle de classification estimée est la moyenne des  $V$  erreurs calculées. En pratique, la valeur de  $V$  est généralement de 5 ou 10. Si Cette approche fournit une bonne estimation de l'erreur réelle mais elle est très coûteuse de temps de calcul. Pour tester 10 valeurs d'hyperparamètres différentes et pour  $V = 5$ , 50 étapes d'apprentissage sont nécessaires. Quand celles-ci sont complexes, comme cela est le cas avec les images hyperspectrales, l'utilisation de cette méthode n'est pas envisageable. D'autres approches ont été proposés, qui sont basées sur la minimisation d'une borne supérieure de l'erreur de prédiction. O. Chapelle *et al.* ont proposé différentes estimations d'une borne supérieure de la procédure « leave-one-out » (CV pour laquelle  $V$  est égal au nombre d'échantillon dans la base d'entraînement). A l'aide d'une descente de gradient, les hyperparamètres du noyau sont estimés simultanément aux paramètres de l'algorithme SVM. Cette approche a été appliquée avec succès pour la classification d'image hyperspectrales. D'autres approches comme les algorithmes génétiques ou la minimisation de l'information mutuelle ont aussi été proposées dans littérature. Si ces algorithmes donnent de bons résultats, ils souffrent de deux inconvénients : le problème d'optimisation n'est pas convexe et il n'est pas possible de traiter un grand nombres d'échantillons d'entraînement. Dernièrement, l'alignement de noyaux a été défini comme un critère de sélection des hyperparamètres. Ce critère mesure le degré de similitude entre une matrice noyau et un problème de classification. Contrairement aux méthodes précédentes, le calcul de l'alignement est explicite et ne nécessite pas d'étape d'optimisation. Cette approche a été utilisée avec succès pour régler les hyperparamètres d'un noyau Gaussien pour la classification d'images de télédétection. Par la suite, une optimisation par descente de gradient a été proposée. Les auteurs ont proposé de reformuler le problème initial en un problème d'approximation de matrice. Ainsi, la recherche d'un jeu d'hyperparamètres optimal devient un problème d'approximation de la matrice idéale empirique à partir d'une famille de noyaux. Cette famille étant paramétrisée par les hyperparamètres. Dans cette présentation, nous proposons une extension de la méthode. D'autres mesures de similarité entre matrice sont introduites : la distance de Frobenius et la corrélation entre matrices. En utilisant une descente de gradient sur ces mesures, nous montrerons que l'on peut estimer rapidement les hyperparamètres du noyau Gaussien pour la classification d'images hyperspectrales.

**Analyse d'images hyperspectrales acquises en laboratoire sur des échantillons comportant des résidus de poudre**

Ph. Déliot<sup>1</sup>, B. Corcelle<sup>1</sup>, V. Achard<sup>1</sup>, T. Dartigalongue<sup>1</sup>, A. Desmarais<sup>2</sup>, C. Giacometti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

<sup>2</sup> INPS, Institut National de Police Scientifique - Laboratoire de Police Scientifique de Marseille 97 Boulevard Camille Flammarion, 13245 Marseille, France

**Résumé** : lors d'incidents impliquant des blessures par balles, les résidus de tir sont projetés sur la cible et des motifs particuliers peuvent être observés par les experts médico-légaux à des foins balistiques. Une analyse attentive de ces motifs est souvent effectuée afin de déterminer la distance et l'angle de tir, et déterminer la nature de l'arme à feu. Cependant, les résidus de tir peuvent être difficile à observer, surtout si les vêtements de la victime sont de couleur sombre. L'objectif principal de notre étude est de développer un dispositif d'imagerie multispectrale actif en mesure de révéler rapidement la présence de ces résidus sur de nombreux types de vêtements. La première étape avant de développer ce dispositif est d'acquérir et d'analyser les images hyperspectrales prises sur des échantillons afin de sélectionner les meilleures bandes spectrales à utiliser et de développer le traitement approprié pour améliorer leur visualisation.

**Analyse des résidus de tir à l'arme à feu par des méthodes de démixage spectral**

C. Meillier<sup>1</sup>, V. Achard<sup>1</sup>, P. Déliot<sup>1</sup>, B. Corcelle<sup>1</sup>, A. Desmarais<sup>2</sup>, C. Giacometti<sup>2</sup>, T. Dartigalongue<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ONERA, Département Optique Théorique Appliqué, 2 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse, France

<sup>2</sup> INPS, Institut National de Police Scientifique - Laboratoire de Police Scientifique de Marseille 97 Boulevard Camille Flammarion, 13245 Marseille, France

**Résumé** : sur les scènes de crimes impliquant des blessures par armes à feu, les experts de la police scientifique analysent les résidus de poudre autour de l'impact des balles afin de déterminer le type d'arme utilisé ou encore la distance du tireur par rapport à la victime. Dans certains cas, ces traces sont invisibles à l'œil nu, par exemple sur les tissus foncés ou à motifs colorés. Dans cette optique, on se propose d'utiliser l'imagerie hyperspectrale et les méthodes d'extraction de composants purs pour mettre en évidence les résidus de poudre sur le tissu. On compare ici deux méthodes d'extraction de pôles de mélange géométriques : la projection sur des sous-espaces orthogonaux (OSP) et la recherche du plus grand volume porté par le nuage de points (N-FINDR) et une méthode statistique (ICE) d'estimation sous contrainte des pôles qui minimisent l'erreur quadratique moyenne de reconstruction de l'image. Les échantillons de tissus à disposition pour cette étude ont été fournis par les experts de l'Institut National de Police Scientifique de Marseille. Les tirs ont été réalisés à 15 et 50 cm de la cible sur des tissus typiques tels que du coton imprimé, du jean, etc. Les acquisitions ont été réalisées en laboratoire à l'ONERA à l'aide de la caméra hyperspectrale VNIR HySpex dans le domaine visible et proche infrarouge (0.4µm à 1µm). L'étude a montré qu'il est possible de séparer les spectres des éléments du tissu et celui des résidus de poudre et d'exploiter ces résultats pour l'analyse balistique.

**Different approaches for the fusion of hyperspectral and panchromatic images using induction and nonlinear PCA**

G.A. Licciardi<sup>1</sup>, J. Chanussot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GIPSA-Lab-Grenoble Institute of Technology, Domaine Universitaire, BP 46, 38402 Saint Martin d'Heres Cedex, France

**Résumé** : generally, for optical satellite sensors spatial and spectral resolutions are highly correlated factors. In fact, given the design constraints of these sensors, there is an inverse relation between their spatial and spectral resolution. From this point of view, hyperspectral sensors, characterized by a very high spectral resolution, resulting in a high number of bands of the electromagnetic spectrum, do not have an optimal spatial resolution. On the other hand, panchromatic (PAN) images have the highest spatial resolution but no spectral diversity. For better utilization and interpretation, hyperspectral images having both high spectral and spatial resolution are desired. This can be achieved by making use of a high spatial resolution PAN image in the context of pansharpening or image fusion. Several fusion approaches have been proposed in the literature. In this paper we propose the use of a hybrid algorithm combining substitution and injection methods. One of the main challenges in hyperspectral image fusion is the improvement of the spatial resolution, i.e. spatial details, preserving the original spectral information. This requires addition of pertinent spatial details to each band of the image and due to the high number of bands the pansharpening of HS images results in increased computational load and complexity. Thus a dimensionality reduction preprocess, compressing the original number of measurements into

a lower dimensional space, becomes mandatory. In this paper we propose the use of non-linear principal components instead of the original HS bands as input to a fusion process to enhance the spatial resolution of the HS image.

### ***Classification d'images hyperspectrales basée sur rotation forest***

J. Xia<sup>1</sup>, J. Chanussot<sup>1</sup>, X. He<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GIPSA-Lab-Grenoble Institute of Technology, Domaine Universitaire, BP 46, 38402 Saint Martin d'Herès Cedex, France

**Résumé** : we applied the novel ensemble learning approach, Rotation Forest, to generate classifier ensembles for classifying hyperspectral remotely sensed image. The principal idea of rotation forest based approach is to encourage both individual accuracy and diversity within the ensemble simultaneously. The feature set is randomly split into  $K$  (the parameter in the algorithm) subsets and then transformed into the other space using Principal Component Analysis (PCA). In order to preserve the variability information in the image, all principal components are retained and applied because they are sensitive to the rotation of the feature axes. After designing the technical flow of hyperspectral remote sensing image classification based on Rotation Forest, We examined this method with two hyperspectral remotely sensed images acquired by AVIRIS sensor and DAIS 7915 airborne imaging spectrometer. By comparing the accuracy with Bagging, Adaboost and Random Forest, it is shown that Rotation Forest could achieve quite similar to, even more accurate results than other methods, indicating that Rotation Forest is a promising approach for generating classifier ensemble in hyperspectral remote sensing.

### ***L'Arbre Binaire de Partitions : un outil pour la détection d'objets en imagerie hyperspectrale***

S. Valero-Valbuena<sup>1</sup>, J. Chanussot<sup>1</sup>, P. Salembier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GIPSA-Lab-Grenoble Institute of Technology, Domaine Universitaire, BP 46, 38402 Saint Martin d'Herès Cedex, France

**Résumé** : actuellement, un nombre important de méthodes de détection d'objets dans les images hyperspectrales n'utilise qu'une faible partie de l'information spatiale. Généralement, cette information est réduite à la corrélation locale entre pixels, exprimé par un attribut de forme et/ou de texture ou bien par une dépendance statistique (i.e., champs de Markov). Si ces techniques permettent de mieux caractériser les objets dans l'image, elles n'apportent pas d'information sur l'organisation des objets dans l'image observée. Dans l'analyse sémantique d'une image, c'est-à-dire dans la description et l'analyse de son contenu, il est bien établi que les régions cohérentes (ensemble de pixels connexes) jouent un rôle important. De plus, il existe une hiérarchie naturelle dans la structure de l'organisation des régions, une région pouvant être composée de pixels ou de régions de tailles inférieures. Pour prendre en compte tous ces questions, l'Arbre Binaire des Partitions (ou ABP) à hautes résolutions spatiale et spectrale a été récemment proposé pour l'imagerie hyperspectrale. L'ABP permet une représentation de l'ensemble des régions de l'image par une structure arborescente. Cette structure permet d'obtenir simultanément une décomposition de l'image en régions pertinentes et les différentes relations d'inclusion des régions de la scène observée. Dans cette étude, afin d'intégrer l'information spatiale et spectrale, l'APB est proposé comme un espace de recherche pour construire une identification robuste d'objets. La stratégie consiste à analyser l'APB en utilisant un ensemble de descripteurs calculés pour chaque noeud. Deux exemples de détection ont été testés dans cette étude: la détection des routes et des bâtiments. Les résultats obtenus améliorent clairement la classification basée sur pixel et démontrent la généricité de l'ABP.