



*Et la géographie prend vie.*

*Quinzièmes*

# **Journées de la Recherche Saint-Mandé – 8 et 9 mars 2006**

## **Contact**

Secrétariat du service de la Recherche  
Institut géographique national  
2-4 avenue Pasteur  
F-94165 SAINT MANDÉ CEDEX

téléphone : (33) 01 43 98 80 04  
télécopie : (33) 01 43 98 85 81  
[mounia.ahmedi@ign.fr](mailto:mounia.ahmedi@ign.fr)



## 8 mars matin (9 h 30 – 12 h 30)

*L'accueil des participants se fera en Salle Robert Génot à partir de 9 h 15*

9 h 30 – Présentation des recherches du laboratoire COGIT par Anne RUAS

10 h – Première partie

Etude de l'intégration de la BDTopo et de la BDCarto par appariement et généralisation

Sébastien MUSTIERE et Cécile DUCHENE – Présentation générale de l'étude

Eric GROSSO – Approche et résultats de l'appariement

Guillaume TOUYA – Approche et résultats de la généralisation

11 h – Pause

11 h 30 – Seconde partie

Ana-Maria OLTEANU – L'apport de données géographiques pour la constitution d'une base de données d'objets ethnographiques

Sandrine BALLEY – Sélectionner et personnaliser un jeu de données par manipulation de son schéma

12 h 30 – Fin de la matinée

---



## 8 mars après-midi (14 h – 17 h 15)

14 h – Bilan des recherches du laboratoire LAREG par Olivier JAMET

14 h 30 – Première partie

Zuheir ALTAMIMI – ITRF 2005 : résultats et perspectives

Pierre BOSSER (LOEMI) – Mesure de délais humides par Lidar Raman et GPS lors de la campagne VAPIC

15 h 15 – Pause

15 h 45 – Seconde partie

David COULOT – Contributions des techniques de géodésie spatiale aux systèmes de référence terrestres

Isabelle PANET – La représentation du champ de gravité en ondelettes sphériques : perspectives d'application

Madjid ABBASI ([BGI](#)) – Une nouvelle procédure de réduction des données aérogravimétriques basée sur une équation intégrale. Application sur un levé aérogravimétrique sur les Alpes du Sud

17 h 15 – Fin de la première journée



## 9 mars matin (9 h 30 – 13 h)

*L'accueil des participants se fera en Salle Robert Génot à partir de 9 h 15*

**9 h 30 – Présentation du Schéma directeur de la Recherche et des développements par Remi POCHAT, président du comité scientifique et technique de l'IGN et allocution de Bertrand LEVY, directeur général de l'IGN**

10 h – Bilan des recherches du laboratoire MATIS par Didier BOLDO

10 h 20 – Première partie

Florent LAFARGE – Modèles paramétriques pour la reconstruction en 3D de zones urbaines à partir de données satellitaires

Olivier TOURNAIRE – Reconstruction 3D de marquages routiers à partir d'images aériennes : vers une BD route décimétrique et surfacique

11 h 20 – Pause

11 h 50 – Seconde partie

Laurence BOUDET – Vers l'auto-qualification de modèles 3D de bâtiments à partir d'un ensemble d'images

Lionel PENARD – Reconstruction de surface de façades à partir d'images multiples acquises par un véhicule

13 h – Fin de la matinée

---



## 9 mars après-midi (14 h – 17 h)

### **EXPLOITATION DES CAMERAS NUMERIQUES DE L'IGN EN RECHERCHE**

14 h – Bilan des recherches du laboratoire OEMI par Christian THOM

14 h 15 – Première partie

Christian THOM – La gestion de la couleur : théorie et application aux caméras numériques de l'IGN

Joël DUFFAUT ([ONERA / DOTA](#)) – Caractérisation radiométrique de l'imageur aéroporté Pélican

15 h 20 – Pause

15 h 50 – Seconde partie

Sophie LACHERADE ([ONERA / DOTA](#)) – Caractérisation des propriétés optiques des matériaux urbains à partir d'images multi-spectrales à très haute résolution

Gilles MARTINOTY et Laure CHANDELIER – Améliorations de la qualité radiométrique des ortho-images : avancées récentes et perspectives

17 h 00 – Clôture des journées de la Recherche 2006



**8 mars matin (9 h 30 – 12 h 30)**

**Résumé des conférences**

**Etude de l'intégration de la BD TOPO® et de la BD CARTO® par appariement et généralisation**

**Sébastien MUSTIERE et Cécile DUCHENE (COGIT) : *présentation générale de l'étude***

**Eric GROSSO (COGIT) : *approche et résultats de l'appariement***

**Guillaume TOUYA (COGIT) : *approche et résultats de la généralisation***

Actuellement, les bases de données BD TOPO® et BD CARTO® sont gérées indépendamment l'une de l'autre à l'IGN. Cette indépendance entraîne certains problèmes : il existe des incohérences entre les données aux différentes échelles, et les efforts de mise à jour des bases sont en partie dupliqués. Pour éviter cela, une gestion plus intégrée de ces bases est nécessaire.

L'intégration peut s'appuyer sur une approche à base de généralisation. Dans ce cas on dérive, à partir de la base la plus détaillée BD TOPO®, des informations de la base la moins détaillée BD CARTO®, créant ainsi des bases cohérentes et pareillement à jour. Une deuxième approche s'appuie sur l'appariement. Dans ce cas, on identifie et on mémorise les correspondances entre les objets des deux bases, et lorsqu'une mise à jour est introduite dans la BD TOPO®, on la propage dans la BD CARTO®.

Le choix entre l'une ou l'autre solution dépend entre autres de notre capacité à automatiser ces processus de généralisation et d'appariement et de la qualité attendue des données. Le but de l'étude présentée ici est d'évaluer d'un point de vue technique d'une part dans quelle mesure on peut apparier automatiquement BD CARTO® et BD TOPO®, et d'autre part dans quelle mesure on peut généraliser automatiquement une base proche de la BD CARTO® à partir de la BD TOPO®.

Notre étude vise à répondre aux questions suivantes :

- Peut-on dériver une base proche de la BD CARTO® à partir des informations contenues dans la BD TOPO® ?
- Dans quelle mesure peut-on automatiser cette dérivation ?
- Quels objets présents dans la BD CARTO® ont un ou plusieurs objets équivalents dans la BD TOPO® et ces objets équivalents sont-ils cohérents entre eux ?
- Dans quelle mesure peut-on automatiser la détermination de ces équivalences ?
- Et enfin quelle est la meilleure solution technique, à base d'appariement et de généralisation, pour intégrer BD TOPO® et BD CARTO®, afin d'en améliorer la cohérence, la qualité et la gestion des mises à jour ?

Pour répondre à ces questions, thème par thème, cette étude s'appuie sur la réalisation de tests pratiques d'appariement et de généralisation automatiques sur un département complet, les Pyrénées Atlantiques.

Les résultats de l'étude nous conduisent à penser que la meilleure solution technique pour l'intégration de la BD TOPO® et de la BD CARTO® est une solution utilisant à la fois la généralisation et l'appariement. Ceci permettrait d'améliorer la qualité de la BD CARTO® ainsi que sa cohérence avec la BD TOPO®, tout en assurant une continuité à la BD CARTO®, et en fournissant le socle nécessaire à une gestion intégrée des mises à jour.

## **L'apport de données géographiques pour la constitution d'une base de données d'objets ethnographiques**

---

**Ana-Maria OLTEANU (COGIT)**

L'étude présentée ici a été menée dans le cadre d'une collaboration avec le musée du Quai Branly qui est un nouvel établissement qui ouvrira ses portes en juin 2006. Actuellement, le musée dispose d'une base de données sans géométrie recensant l'ensemble des collections qu'il possède. Les informations qui renseignent les objets de la base sont imparfaites, notion qui fait appel à plusieurs concepts comme imprécision, incertitude et incomplétude.

Dans ce contexte, l'objectif principal de notre travail a été d'une part d'étudier comment les dimensions spatio-temporelles peuvent être modélisées en tenant compte des imperfections, et d'autre part d'étudier comment la localisation spatiale peut être utilisée pour enrichir la base de données du musée et intégrer des informations diverses.

Après avoir réalisé un schéma de données spatio-temporelles, nous nous sommes intéressés à son instanciation et à son utilisation afin d'illustrer des premières utilisations du modèle. Il s'agit de la réalisation de cartes et requêtes afin d'avoir la répartition des objets des collections dans l'espace et de détecter les incohérences possibles.

## **Sélectionner et personnaliser un jeu de données par manipulation de son schéma**

---

**Sandrine Balley (COGIT)**

Il est rare qu'un jeu de données soit parfaitement adapté, par son contenu et sa structure, au besoin d'un utilisateur. Souvent une phase de pré-traitements s'impose, qui nécessite outils et savoir-faire : il faut rendre le jeu conforme aux préférences de l'utilisateur, mais aussi aux exigences du traitement prévu et de la plate-forme utilisée en terme de structure de données. Notre objectif est de fournir des outils permettant de livrer des jeux pré-traités. Nous proposons un processus interactif d'extraction et de restructuration sur Internet. Son principe est de laisser l'utilisateur spécifier son schéma de données sur une interface conviviale avant d'acquérir le jeu. Les transformations correspondantes sont effectuées automatiquement chez le fournisseur de données. Outre le fait de libérer l'utilisateur de considérations techniques, cette approche a deux principaux avantages. Premièrement, elle permet de contrôler et de corriger les effets indésirables des transformations sur l'intégrité des données. Deuxièmement, elle permet au fournisseur de conserver la généalogie des jeux diffusés et de proposer une maintenance et des mises à jour sur mesure.



**8 mars après-midi (14 h – 17 h 15)**

**Résumé des conférences**

## **ITRF2005 : Résultats et perspectives**

---

**Zuheir Altamimi (LAREG)**

L'un des objectifs principaux de l'activité de recherche ITRF est l'amélioration de l'exactitude de sa définition en terme d'origine, d'échelle et d'évolution temporelle de son orientation. Cette dernière doit, par convention, remplir la condition dite de non-rotation globale des mouvements horizontaux affectant la croûte terrestre. Ces éléments de définition de l'ITRF sont conditionnés par la qualité des solutions qui contribuent à son élaboration. La disponibilité de solutions sous forme de séries temporelles des positions des stations et des paramètres de rotation de la Terre est un atout majeur, permettant plus aisément l'évaluation de l'exactitude de ces éléments de définitions et surtout leur

évolution temporelle. Cela nous a conduit à considérer de telles solutions comme données d'entrée pour les réalisations de l'ITRF, à commencer par l'ITRF2005. Le projet de celui-ci a pris un an de retard (appelé alors ITRF2004), et ce retard est essentiellement dû au fait que les services internationaux, à l'exception de l'IGS, n'étaient pas suffisamment préparés pour produire des solutions sous forme de séries temporelles de bonne qualité. Après plusieurs itérations, l'analyse des solutions récemment soumises montre un certain progrès. Nous montrerons dans cet exposé les résultats les plus pertinents qui conditionnent les éléments de définition de l'ITRF. Nous insisterons en particulier sur l'évaluation de l'exactitude de l'origine et de son évolution temporelle (mouvement du géocentre) et de l'échelle, ainsi que sur la qualité du champ de vitesses qui conditionne l'implémentation de la condition non-rotation globale. Nous terminerons par les perspectives, en soulignant les facteurs limitant cette activité.

## **Mesure de délais humides par Lidar Raman et GPS lors de la campagne VAPIC**

---

**Pierre BOSSER (LOEMI)**

Un système lidar Raman a été développé conjointement par le laboratoire OEMI de l'IGN et le Service d'Aéronomie (SA/CNRS). L'objectif de ce système est la restitution de profils de vapeur d'eau en visée multi-angulaire, pour l'amélioration du positionnement altimétrique par GPS. Dans sa configuration actuelle, le système fournit des profils de rapport de mélange de vapeur d'eau dans l'air (pour des mesures de nuit uniquement), définis jusqu'à 7000 m pour des visées au zénith et jusqu'à 5000 m pour des visées obliques. La résolution temporelle des mesures est de 5 mn.

Le système lidar IGN-SA a été déployé durant un mois au cours de la campagne VAPIC, du 15 mai au 15 juin 2004, sur le site du SIRTÀ à Palaiseau. Des mesures en visées zénithales ont tout d'abord été effectuées durant cinq nuits (du 17 au 25 mai 2004). La comparaison des mesures lidar avec celles issues d'autres instruments impliqués dans la campagne (GPS, radiomètre micro-onde, radiosondages) montre une bonne adéquation des mesures (rms de 3 à 8 mm). Le Lidar IGN-SA a ensuite été utilisé en mode suivi de satellite (mesures obliques) pendant cinq nuits, du 3 au 15 juin. Les mesures lidar ont été comparées aux mesures GPS et radiomètre. Les premiers résultats donnent des écarts encore importants (rms de l'ordre de 15 mm), mais une modernisation du système de mesure pour les visées obliques et un perfectionnement des algorithmes de traitement devraient les améliorer.

## **Contributions des techniques de géodésie spatiale aux systèmes de référence terrestres**

---

**David Coulot (LAREG)**

La qualité actuelle des techniques de géodésie spatiale permet d'estimer des séries temporelles de produits géodésiques tels que les paramètres de rotation et les positions de stations terrestres. Ces nouveaux produits doivent être utilisés dans la matérialisation des systèmes de référence terrestres, en constantes évolution et amélioration. Ils doivent aussi mettre en évidence les phénomènes, globaux ou locaux, régissant la rotation terrestre et les mouvements de la croûte. Dans ce contexte riche d'enjeux, nous avons développé une méthode d'estimation de séries temporelles de positions de stations et de paramètres de rotation de la Terre par l'analyse de données de télémétrie laser sur satellites. En guise de validation de cette méthode, douze ans de données (1993-2004) sur les deux satellites LAGEOS ont été traités et analysés. Si les techniques géodésiques présentent certes des forces individuellement, c'est dans leur combinaison qu'elles montrent réellement toutes leurs potentialités. A ce titre, le Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale (GRGS) a mené une expérience de combinaison des techniques géodésiques au niveau des observations sur l'année 2002. Nous avons activement participé à cette expérience dont le but principal était de démontrer la force d'une telle approche pour la détermination de séries temporelles de coordonnées du pôle et du Temps Universel.

## **La représentation du champ de gravité en ondelettes sphériques : perspectives d'application**

---

**Isabelle Panet (LAREG)**

L'utilisation des mesures GPS de hauteurs ellipsoïdales pour la détermination des altitudes nécessite de connaître la surface de référence des altitudes, déduite du géoïde (ou quasi-géoïde), que l'on obtient directement à partir du champ de gravité terrestre. Dans cette perspective, nous développons ici une méthode de calcul du champ de gravité qui permet de fusionner de manière cohérente des jeux de données aux caractéristiques variées, en termes de répartition spatiale et de contenu spectral. Le principe consiste à représenter le champ comme combinaison linéaire de fonctions élémentaires localisées à la fois spatialement et spectralement : des ondelettes définies sur la sphère terrestre. Les coefficients de cette représentation sont calculés par ajustement des données par moindres carrés. Nous utilisons un algorithme itératif afin de contrôler la taille des systèmes à résoudre, et déterminons progressivement les coefficients d'ondelettes des basses résolutions vers les hautes résolutions. Nous présentons ici un exemple au calcul du champ de gravité en Polynésie Française à partir de données dérivées de la gravimétrie spatiale (mission GRACE) et d'altimétrie satellitaire. Nous montrons enfin les possibilités d'analyse du champ offertes par ce type de représentation à travers deux exemples en géophysique, en Polynésie Française et à Sumatra-Andaman.

## **Une nouvelle procédure de réduction des données aérogravimétriques basée sur une équation intégrale. Application sur un levé aérogravimétrique sur les Alpes du Sud.**

---

**Madjid ABBASI (BGI)**

Nous avons développé au BGI, en collaboration avec le LAREG, une nouvelle procédure de réduction des données aérogravimétriques, basée sur une réécriture de l'équation différentielle du fléau du gravimètre sous forme intégrale, suivi d'une inversion de cette équation intégrale par moindres carrés généralisés pour donner les perturbations du champ.

Nous comparons cette nouvelle procédure à celle habituellement utilisée, qui est basée sur un filtrage fréquentiel des données aérogravimétriques, le signal gravitationnel et l'accélération parasite de l'avion se trouvant dans des bandes différentes. La comparaison de ces méthodes se fait sur un levé effectué sur les Alpes du Sud en 1998.



**9 mars matin (9 h 30 – 13 h)**

**Résumé des conférences**

## **Modèles paramétriques pour la reconstruction en 3D de zones urbaines à partir de données satellitaires**

---

**Florent LAFARGE (MATIS)**

La perspective des satellites à résolution sub-métrique et à potentiel stéréoscopique, tels que les futurs satellites PLEIADES, ouvrent un nouveau champ de recherche sur la reconstruction automatique en 3D de zones urbaines. De nombreuses méthodes utilisant des données aériennes permettent efficacement la reconstruction en 3D de bâtiments ; Celles-ci sont cependant relativement mal adaptées au contexte satellitaire dans lequel les données ont une résolution et un rapport signal sur bruit faibles par rapport aux données aériennes. La principale alternative consiste à proposer des méthodes fondées sur de fortes connaissances a priori des structures urbaines. Nous proposons deux méthodes de reconstruction en 3D de zones urbaines denses à partir de données satellitaires. Celles-ci sont entièrement automatiques, c'est-à-dire qu'elles ne nécessitent pas l'apport de données cadastrales ou de masques de focalisation - l'extraction des empreintes de bâtiments étant réalisée par

une méthode reposant sur l'utilisation de processus ponctuels marqués. La première méthode proposée est fondée sur une approche structurale : les bâtiments sont construits en fusionnant des structures urbaines simples extraites d'une grammaire de modèles paramétriques 3D à base rectangulaire. Un recuit simulé permet, dans un cadre bayésien, de trouver la meilleure configurations de modèles 3D. La seconde est fondée sur une approche paramétrique. La forme des toits est déterminée à travers un principe de squelettisation des emprises de bâtiments, permettant de modéliser les arêtes faîtières. Les différentes hauteurs des bâtiments sont estimées par filtrage puis régularisées.

## **Reconstruction 3D de marquages routiers à partir d'images aériennes : vers une BD route décimétrique et surfacique**

---

**Olivier TOURNAIRE (MATIS)**

La production de bases de données routières et d'images géoréférencées par l'IGN pose la question de la mise à jour de façon automatisée de ces données. Par ailleurs, l'évolution des bases de données routières vers une représentation surfacique suppose la création de nouveaux outils d'analyses des images acquises par l'IGN.

Nous présentons ici une méthode permettant la reconstruction tridimensionnelle fine de marquages routiers en milieu urbain à partir d'images aériennes. L'objectif est d'obtenir une précision absolue décimétrique. En effet, une telle précision est de plus en plus demandée, dans le cadre de diverses applications. Les travaux présentés, issus des recherches menées au sein du laboratoire MATIS, s'orientent autour de différents axes.

L'action de recherche ARCHI a mis au point un système de cartographie mobile qui permet l'acquisition d'images stéréoscopiques de corps de rue et de façades, l'objectif étant d'obtenir une modélisation tridimensionnelle fine du bâti en milieu urbain. Les systèmes GPS ne permettent pas d'obtenir un positionnement fiable dans ces environnements, les masques et les multi-trajets perturbant l'acquisition. Le couplage éventuel avec d'autres capteurs (centrale inertielle, odomètre, gyroscope, ...) rend le système plus robuste, mais la dérive de ces instruments reste un facteur limitant la précision. Afin d'obtenir un géoréférencement précis des images terrestres, nous avons développé une méthode de reconstruction d'éléments du marquage au sol, qui s'appuie sur le géoréférencement des images aériennes par aérotriangulation. D'autres travaux menés au laboratoire s'intéressent à la reconstruction de ces mêmes éléments à partir des images terrestres. Constituants de bons invariants selon les différents points de vue, une mise en correspondance permettra d'obtenir un géoréférencement des images terrestres à la précision de l'aérien.

Par ailleurs, le marquage au sol présente un intérêt pour la création de bases de données d'amers visuels utilisés notamment par la communauté de la navigation autonome. En effet, d'intenses recherches sont menées afin de pouvoir connaître la position exacte d'un véhicule équipé d'une caméra et recherchant des points connus pour se positionner.

## **Vers l'auto-qualification de modèles 3D de bâtiments à partir d'un ensemble d'images**

---

**Laurence Boudet (MATIS)**

L'élaboration et la mise à jour de bases de données de modèles tridimensionnels de bâtiments en zone urbaine représentent aujourd'hui un enjeu majeur dans des domaines aussi variés que les télécommunications, l'aménagement du territoire, le tourisme virtuel, la simulation de désastres naturels ou encore la défense. De nombreuses recherches se sont concentrées sur la reconstruction automatique de modèles 3D urbains à partir de l'imagerie aérienne, notamment au MATIS, permettant aujourd'hui d'envisager une production à grande échelle de ces données dans un contexte opérationnel (BATI3D). Bien que ces méthodes donnent des résultats très satisfaisants, des erreurs de modélisation subsistent de par la complexité et la diversité des formes de bâtiments présents en milieu urbain et péri-urbain. Une phase de vérification bâtiment par bâtiment reste nécessaire afin d'assurer le contrôle de la qualité des données produites, mais n'est actuellement possible qu'en manuel.



Nous cherchons donc à automatiser la vérification de la qualité des modèles 3D en tant que système d'alerte. La phase d'auto-qualification doit permettre de discriminer efficacement les modèles "acceptables" des modèles "potentiellement erronés" où seuls ces derniers seront soumis à une vérification humaine ultérieure. Elle pourra prendre place dans un contexte de production, de vérification ou de mise à jour de modèles 3D, indépendamment de leur mode d'acquisition (restitution manuelle, reconstruction semi-automatique ou automatique) ou de l'algorithme employé.

Nous présentons une approche originale pour qualifier individuellement les facettes 3D représentant les principaux pans des toits. Dans un premier temps, la consistance des facettes est mesurée à partir d'informations issues des images aériennes. Nous détaillerons notamment différentes mesures issues de corrélation et d'extraction de segments 3D. Dans un second temps, nous utilisons ces mesures de consistance pour apprendre puis reconnaître différents niveaux de qualité des facettes.

Pour cela, nous effectuons au préalable une labellisation manuelle d'une base de données de facettes en quatre niveaux de qualité (faux, généralisé, acceptable et correct). Cette labellisation est utilisée afin de réaliser un apprentissage des mesures de consistance des facettes en fonction du niveau de qualité donné a priori. Nous procédons ensuite à une classification supervisée de la qualité des facettes sur deux zones du centre-ville d'Amiens. Nous discutons enfin des résultats de la classification automatique (taux de réussite, exemples d'échec) suivant le niveau de qualité des facettes.

### **Reconstruction de surface de façades à partir d'images multiples acquises par un véhicule.**

**Lionel PENARD (MATIS)**

Un véhicule cartographique mobile, Stéréopolis, a été imaginé pour produire des images terrestres géoréférencées en milieu urbain. Une des applications possibles est de générer automatiquement des ortho-images des façades, de manière à pouvoir enrichir les modèles 3D urbains de textures de façade haute résolution.

Le calcul d'ortho-images sur les façades nécessite la connaissance de leur relief. Le but de cette présentation est de montrer l'extraction automatique d'un modèle numérique de surface sur des façades, à partir de vues multiples déjà géoréférencées. Notre méthode fonctionne en multi-résolution (échelle de travail de plus en plus fine). Un appariement basé corrélation est utilisé, suivi d'une régularisation de surface. La carte dense de profondeur ainsi obtenue est alors filtrée : les points non fiables sont supprimés. Le résultat est un nuage de points 3D appartenant à la surface de la façade. Ces points peuvent enfin être triangulés pour donner la surface recherchée.



**9 mars après-midi (14 h – 17 h)**

***Résumé des conférences***

### **La gestion de la couleur : théorie et application aux caméras numériques de l'IGN**

**Christian THOM (LOEMI)**

L'aspect colorimétrique a été négligé dans un premier temps pour les systèmes de prise de vue numériques aériens, car ils héritaient en général de la tradition de la télédétection spatiale, plus orientée vers la précision de la réponse spectrale que vers l'esthétique des images. Cet état de fait est en train de changer, avec l'usage plus "grand public" qui est fait des images aériennes. Des études ont donc été entamées à l'IGN en vue de parfaire nos systèmes dans ce domaine. Après un rappel des principes de la colorimétrie, la présentation évoque le formalisme mis en place par l'International Color Consortium (ICC) pour la gestion de la couleur dans les outils informatiques, et les gains que

l'on peut en attendre au niveau de l'IGN. Enfin, les travaux réalisés pour intégrer la caméra numérique de l'IGN dans ce formalisme sont présentés, avec des exemples de résultats.

## **Caractérisation et étalonnage radiométrique de l'imageur multispectral aéroporté Pelican**

---

**Joël Duffaut (ONERA / DOTA)**

Dans le cadre d'un protocole de coopération, l'IGN a développé une caméra numérique destinée aux applications de recherche de l'ONERA et du CNES. Cette caméra est l'imageur de Pelican, acronyme de "Plateforme Et Logiciels Informatiques de Caméras Aéroportées Numériques". L'objectif de cette plateforme est de fournir des images spécifiques à diverses thématiques de recherche, en télédétection civile et militaire. Parmi celles-ci on peut citer la simulation d'images de futurs satellites, la validation de méthodes de traitement d'images et l'accès aux propriétés physiques des scènes. Pour cette dernière, il est nécessaire de caractériser le comportement de l'imageur voire d'accéder à sa fonction de transfert radiométrique.

Un modèle radiométrique de l'instrument a donc été élaboré afin de déterminer le coefficient de sensibilité radiométrique absolu de chacun des 16 millions de pixels des 4 matrices CCD. Les méthodes d'étalonnage radiométrique habituelles ont dû être adaptées à cet imageur, du fait de la taille de ses détecteurs. Un banc d'étalonnage radiométrique a été développé au Département Optique Théorique et Appliquée de l'ONERA. En fonction du thème exploré, les procédures de mesures sont limitées aux besoins de l'utilisateur final car l'accès à la sensibilité absolue ne lui est pas toujours indispensable.

La caractérisation de l'imageur a révélé un domaine d'utilisation très étendu, tant sur le plan spectral que spatial. Cette grande plage d'utilisation est la confirmation du saut technologique induit par la mise œuvre des détecteurs en mode TDI (Time Delay Integration) plus connue sous le nom de compensation de filé. Les mesures au sol ont également permis d'accéder aux coefficients de sensibilité avec des biais relatifs aux conditions de vol.

Dès la prochaine campagne aéroportée, ces coefficients seront recalés par un étalonnage radiométrique en vol pour faire de la caméra numérique, un radiomètre imageur multispectral aéroporté à haute résolution spatiale et spectrale.

## **Caractérisation des propriétés optiques des matériaux urbains à partir d'images multi-spectrales à très haute résolution**

---

**Sophie LACHERADE (ONERA / DOTA)**

La complexité des milieux urbains tient essentiellement à leur structure, qui provoque certaines particularités du signal reçu : occultations, ombres, éclaircissements réfléchis par les façades ou encore effets directionnels des matériaux urbains. Celles-ci perturbent le signal et rendent difficile la détermination automatique des matériaux directement à partir des luminances mesurées en entrée du capteur. Des traitements, permettant de remonter aux propriétés intrinsèques des matériaux urbains, sont alors souvent nécessaires pour corriger à la fois les effets du relief urbain et les effets atmosphériques (aérosols et vapeur d'eau). Dans le domaine réflectif (0,4  $\mu\text{m}$  – 2,5  $\mu\text{m}$ ), les propriétés intrinsèques des matériaux correspondent à leurs réflectances, c'est-à-dire à la faculté qu'ils ont de réfléchir l'éclairement solaire qu'ils reçoivent.

L'objectif des travaux présentés ici est de développer un modèle de transfert radiatif inverse, capable de déterminer la réflectance spectrale des matériaux urbains à partir d'images aéroportées hautes résolutions spatiale (20 cm) et spectrale (30 nm) dans le domaine réflectif (0,4  $\mu\text{m}$  – 2,5  $\mu\text{m}$ ). Pour cela, nous disposons de prises de vues aéroportées dans des bandes spectrales étroites, d'un modèle vecteur 3D de la scène urbaine étudiée, ainsi que des conditions atmosphériques présentes lors des prises de vue.

Avant de développer un modèle inverse, il est nécessaire de connaître en détail le comportement du signal au dessus du paysage étudié. La première partie de cette étude a donc été consacrée à une étude phénoménologique du signal sur un profil de rue typique. Pour cela, nous avons utilisé le

modèle de transfert radiatif direct Amartis, développé à l'ONERA. Cette étude nous a permis, d'une part de mieux comprendre les différentes composantes du signal intervenant en milieu urbain, mais également de mettre à jour les difficultés de la modélisation inverse notamment dans les zones d'ombre.

Connaissant les composantes radiométriques dominantes en milieu urbain, il a alors été possible de proposer des solutions physiques pour modéliser chacun de ces termes, dans le cadre de la méthode inverse. La principale difficulté rencontrée a consisté à évaluer les éclairagements et luminances liées à l'environnement. Comme leur nom l'indique, ces termes dépendent des matériaux qui les entourent. Pour les calculer, il est donc nécessaire de connaître les propriétés optiques des surfaces composant le relief environnant : données que l'on cherche à déterminer en sortie du modèle. Une approche itérative a donc été retenue.

Dans un troisième temps, l'étude aborde la validation théorique et expérimentale du modèle. La validation théorique est effectuée par comparaison avec le code de transfert radiatif direct Amartis sur différents types de reliefs urbains afin de vérifier la robustesse du modèle. Celui-ci est ensuite validé de manière expérimentale à l'aide des données acquises pendant la campagne Capitoul. Cette campagne aéroportée, comprend des acquisitions à haute résolution spatiale (20 cm) et spectrale (30 nm) ainsi que des vérités terrains.

## **Améliorations de la qualité radiométrique des ortho-images : avancées récentes et perspectives**

---

**Gilles MARTINOTY (MATIS) et Laure CHANDELIER (SBI)**

La nouvelle technique d'égalisation des radiométries des ortho-images utilisée à l'IGN fera l'objet de cette présentation. Son principe de fonctionnement sera tout d'abord souligné. Etant donné un ensemble d'images « radiométriquement homogènes » (même date, conditions atmosphériques stables), il s'agit de corriger chaque image à l'aide d'un modèle paramétrique de BRDF semi-empirique. Ce modèle permet de corriger la cause principale des inhomogénéités radiométriques dans les images, à savoir le phénomène de « hot-spot » : la plupart de paysages apparaissent plus lumineux lorsque la direction de visée dans l'image se rapproche de la direction d'éclairage par le soleil. Les paramètres de chaque image sont obtenus grâce à une minimisation globale par moindres carrés sur l'ensemble des images, en utilisant les zones de recouvrement entre images comme des points de liaisons radiométriques. Il s'agit en définitive de réaliser l'équivalent d'une « aérotriangulation radiométrique ». Des résultats sur des chantiers traités effectivement pour la production de la BD ORTHO® permettront de mettre en évidence les gains importants en qualité qu'apporte cette méthode par rapport aux traitements utilisés précédemment.

D'autre part, les améliorations qui seront apportées à court terme à ce processus seront soulignées. On verra ainsi quelles améliorations pourront être apportées pour traiter l'ensemble d'un département composé de plusieurs ensembles d'images radiométriquement inhomogènes entre eux, ce qui arrive systématiquement puisqu'un département n'est jamais couvert en une seule journée. Quelques résultats préliminaires seront montrés à cette occasion.

Enfin, à plus long terme, on indiquera quelques pistes de recherche en ce qui concerne la correction du voile atmosphérique dans les images aériennes de l'IGN. En effet, l'outil précédent ne permet pas de prendre en compte facilement la variabilité spatiale du voile, au delà de soustraire une constante par canal. Sachant qu'il semble très difficile de corriger cette variabilité uniquement à partir des images aériennes RVB, on verra comment des données auxiliaires telles que celles issues du satellite Modis peuvent permettre l'intercalibration des caméras de l'IGN avec le capteur Modis, et, *in fine*, conduire à l'évaluation du voile atmosphérique dans nos images.