



Et la géographie prend vie.

Dix-septièmes

Journées de la Recherche Saint-Mandé – 11, 12 et 13 mars 2008

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



11 mars après-midi (9 h 30 – 12 h 45)

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

9 h 30 – Ouverture des journées par **Jean-Philippe LAGRANGE**, directeur en charge de la Recherche à l'IGN, puis point sur l'activité du MATIS en 2007 par **Didier BOLDO**

14 h – Première partie : Exploitation 3D des satellites THR

Jean-Philippe CANTOU (IGN/CNES) – Présentation du système Pléiades et du programme de recherche associé.

Mélanie DURUPT – Adaptation de BATI3D au contexte spatial.

Didier BOLDO – Reconstruction 3D de bâti tout automatique (présentation des résultats de la thèse de Florent Lafarge).

15 h 30 – Pause

16 h – Seconde partie : Evolutions de BATI3D et présentation de SIFT

Didier BOLDO – Présentation de BATI3D et du projet Terra Numerica.

Corina IOVAN – Reconstruction de la végétation.

Mathieu BRÉDIF – Reconstruction des superstructures.

Arnaud LE BRIS – SIFT : un outil pour la mise en correspondance d'images.

17 h 30 – Fin de la première journée



12 mars matin (9 h 30 – 12 h 45)

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

9 h 30 – Présentation des recherches du laboratoire LAREG en 2007 par **Olivier JAMET**

9 h 40 – Première partie

Jérôme VERDUN – Détermination du champ de pesanteur terrestre par gravimétrie mobile et filtrage de Kalman.

Álvaro SANTAMARÍA – Analyse du bruit et de la stratégie de calcul dans le cadre du projet GPS TIGA.

David COULOT – Les Réseaux Génétiquement Modifiés (RGM) : quel apport aux Systèmes de Référence ?

11 h 10 – Pause

11 h 35 – Seconde partie

Pascal WILLIS – DORIS : recherches et applications géodésiques et géophysiques.

Olivier BOCK – La mousson ouest-africaine observée à l'aide d'un réseau GPS dans le cadre du projet AMMA.

12 h 45 – Fin de la matinée



12 mars après-midi (13 h 45 – 17 h 30)

L'accueil des participants se fera en Salle Robert Génot à partir de 13 h 30

13 h 45 – Première partie : LOEMI

Pierre BOSSER – Couplage Lidar Raman / GPS pour le nivellement de précision : bilan et perspectives.
Olivier MARTIN – GéoCubes : des réseaux de capteurs géolocalisés (de précision centrimétrique, autonomes, peu onéreux).
Jean-Philippe SOUCHON – Actualité des caméras numériques : nouvelle version, images de nuit ...

15 h 30 – Pause (présentation devant le bâtiment M des véhicules instrumentés du service de la Recherche)

16 h – Seconde partie : Systèmes de numérisation terrestre pour la modélisation des environnements urbains

Raphaële HÉNO (ENSG/DIAS) – Numérisation 3D pour la conservation du patrimoine : méthodes actuelles et besoins futurs.
Nicolas PAPANODITIS – STEREPOLIS, un système de numérisation multi-usages : de la conception aux applications.
Erwann HOUZAY et Jean-Pierre PAPELARD – Architecture matérielle et logicielle du système d'acquisition STEREPOLIS.
Bertrand CANNELLE – Evaluation de la qualité de positionnement et d'orientation du système de navigation POS LV 220 de STEREPOLIS.

17 h 30 – Fin de la deuxième journée



13 mars matin (9 h 30 – 12 h 45)

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

9 h 30 – Première partie

Anne RUAS – Présentation du laboratoire COGIT : résultats 2007 et projets 2008.
Anne RUAS et Sébastien MUSTIÈRE – Deux projets ANR du COGIT : GeOpenSim et GeOnto.
Ana-Maria OLTEANU-RAIMOND – L'appariement de données géographiques basé sur la théorie des fonctions de croyance.

10 h 40 – Pause

11 h 10 – Seconde partie

Bénédicte BUCHER – Vue d'ensemble sur les recherches du COGIT sur la Carte à la Carte.
Élodie BUARD – Evaluation et amélioration des contrastes colorés par acquisition de connaissances dans le contexte de la Carte à la Carte.
Patrick TAILLANDIER – Modèle de révision des connaissances de guidage d'un processus de généralisation automatique.

12 h 25 – Clôture des Journées de la Recherche par **François BRUN**, directeur général de l'IGN.

12 h 45 – Fin des Journées 2008.

Jean-Philippe CANTOU (IGN / CNES)

Présentation du système Pléiades et du programme de recherche associé



Le domaine de l'Observation de la Terre occupe une place importante dans le programme de Recherche du CNES. Il couvre naturellement les technologies liées à l'emport spatial de capteurs optiques et au prétraitement des images acquises à bord des satellites ou au sein des segments sol d'exploitation, mais il investit également, en parallèle avec les programmes d'accompagnement à l'utilisation thématique des images (Programme Préparatoire à l'Utilisation de Spot5, ORFEO Pléiades), les différents axes méthodologiques visant l'extraction automatique d'information dans ces images. La résolution de 70 cm au nadir du capteur Pléiades couplée à la forte capacité de couverture géographique des 2 satellites prévus, tant en stéréoscopie qu'en monoscopie, fait de ce système développé sur fonds publics un candidat naturel pour le renouvellement systématique de couverture d'images sur de grands territoires, un moyen de mise à jour des bases de données cartographiques nationales, voire un catalyseur du développement des bases de données urbaines dans de nombreux pays sous-équipés.

Dans le cadre d'une convention de partenariat CNES-IGN couvrant la préparation à l'utilisation des images Pléiades pour les besoins cartographiques, le CNES a pu s'appuyer directement sur l'axe de recherche de l'IGN visant l'extraction d'information 3D dans les images aériennes, en testant et en faisant adapter les outils du MATIS au contexte Pléiades, en particulier pour la détection et la saisie de bâtiments.

Après un rappel des caractéristiques du système, nous présenterons le potentiel de couverture des satellites Pléiades, les produits du segment sol, et nous indiquerons les données d'entrée et de référence utilisées dans les études conduites par le MATIS, dont les résultats seront développées au cours de la session.

Mélanie DURUPT

Adaptation de BATI3D au contexte spatial

Des études précédentes ont montré la faisabilité de la reconstruction semi-automatique en 3D de bâtiments à partir de simulations d'images Pléiades dans différents contextes : variations du rapport B/H, de la résolution des simulations Pléiades ou encore stéréoscopie simple ou tristéoscopie (*Extraction de géométrie 3D des images optiques submétriques, par apport de données exogènes ou par aide à la saisie*, étude menée au MATIS en 2004 par G. Maillet et D. Flamanc). Maintenant que les spécifications du capteur Pléiades sont connues, de nouvelles simulations représentatives ont été produites. Notre étude consiste à consolider les résultats précédents sur des périmètres plus larges, représentatifs de typologies urbaines variées.

Nous présenterons la chaîne globale de traitements, depuis le calcul du modèle numérique de surface de corrélation obtenu avec MICMAC (logiciel open source permettant la mise en correspondance automatique d'images présenté lors des précédentes Journées) jusqu'à l'algorithme de reconstruction de bâtiments, développé à l'origine pour de l'imagerie aérienne à très haute résolution et les adaptations nécessaires de cet algorithme de reconstruction pour l'imagerie satellitale.

Une évaluation globale des reconstructions 3D obtenues a été faite par comparaison avec une référence saisie manuellement à partir des images sources utilisées pour la constitution des simulations. Nous exposerons pour finir les limites de cette méthode de reconstruction dans le contexte spatial.

Travaux de Florent LAFARGE, présentés par Didier BOLDO

Reconstruction 3D de bâti tout automatique

Ce travail, issu d'une thèse réalisée en collaboration avec le CNES et le projet ARIANA de l'INRIA, aborde le problème de la reconstruction tridimensionnelle de zones urbaines à partir d'images satellitaires très haute résolution. Le contenu informatif de ce type de données est insuffisant pour permettre une utilisation efficace des nombreux algorithmes développés pour des données aériennes. Dans ce contexte, l'introduction de connaissances a priori fortes sur les zones urbaines s'avère nécessaire. Les outils stochastiques sont particulièrement bien adaptés pour traiter cette problématique.

Une approche structurelle est proposée pour aborder ce sujet. Elle consiste à modéliser un bâtiment comme un assemblage de modules urbains élémentaires extraits d'une grammaire de modèles 3D paramétriques. Dans un premier temps, nous extrayons les supports 2D de ces modules à partir d'un Modèle Numérique d'Élévation (MNE). Le résultat est un agencement de quadrilatères dont les éléments voisins sont connectés entre eux.

Ensuite, nous reconstruisons les bâtiments en recherchant la configuration optimale de modèles 3D se fixant sur les supports précédemment extraits. Cette configuration correspond à la réalisation qui maximise une densité mesurant la cohérence entre la réalisation et le MNE, mais également prenant en compte des connaissances a priori telles que des lois d'assemblage des modules. Nous discutons enfin de la pertinence de cette approche en analysant les résultats obtenus à partir de simulations Pléiades.

Nicolas CHAMPION

Détection de changement à partir de données spatiales

La mise à jour des bases de données est devenue un enjeu majeur pour la plupart des agences cartographiques, en particulier pour l'Institut géographique national. En effet, la saisie des bases de données topographiques 2D, comme la BD Parcellaire®, est en passe d'être achevée et le défi consiste désormais à garder ces bases à jour. L'absence actuelle d'outils automatiques rend le travail entièrement manuel et donc coûteux. De plus, les évolutions géographiques dans nos sociétés modernes étant de plus en plus rapides, les cycles de mise à jour doivent être de plus en plus courts. Il devient par conséquent nécessaire d'introduire un certain niveau d'automatisation dans la chaîne de traitement et développer des systèmes d'acquisition performants, permettant de collecter des données de bonne qualité plus rapidement. Le système Pléiades-HR, par ses capacités techniques (résolution spatiale de 70 cm au nadir, grande agilité) qui lui assurent une grande réactivité dans le processus d'acquisition, répond à de telles contraintes.

Les travaux initialement menés au MATIS sur la détection de changement ont conduit à la mise en œuvre d'outils permettant de traiter des prises de vues multi-stéréoscopiques (avec un recouvrement transversal/longitudinal de 60% et une résolution planimétrique de 25cm). Ces travaux ont fait l'objet d'une présentation aux journées de la recherche 2007. Depuis, ces outils ont été adaptés aux résolutions et configurations tri-stéréoscopiques de type Pléiades-HR. La solution retenue s'appuie largement sur le MNS (dérivé automatiquement des images satellitaires) et sur les orthophotographies (RVB et IR) pour réaliser la détection de changement et obtenir, au final, une carte de changement où sont indiqués les bâtiments modifiés, détruits et nouveaux. L'approche proposée scinde pragmatiquement ce problème difficile à résoudre en deux sous-problèmes plus faciles à appréhender. Une première étape (vérification automatique de la base de données) permet de vérifier automatiquement l'existence et la position planimétrique des objets dans la base. Le but ici est de détecter les bâtiments modifiés ou détruits. La seconde étape consiste à donner à un opérateur humain une position estimée des nouveaux bâtiments (détection des nouveaux bâtiments).

Les outils mis en place dans ces travaux de recherche seront donc ici présentés. Les résultats seront exposés, évalués et discutés. Enfin, nos perspectives de recherche seront dégagées.

Didier BOLDO

Présentation de BATI3D et du projet Terra Numerica (Cap Digital)



Terra Numerica est un projet structurant du pôle de compétitivité Cap Digital (région Ile-de-France) qui regroupe industriels et laboratoires scientifiques autour d'une même perspective de numérisation et de valorisation des représentations tridimensionnelles du territoire. Son objectif est de développer les technologies nécessaires à l'acquisition, la production, la visualisation et l'exploitation les plus automatiques et les plus fidèles possibles des représentations 3D de territoires urbains de grandes dimensions et à haute résolution, le tout en vue de constituer une base de données 3D urbaines multi-échelle et multi-temporelle.

La contribution de l'IGN et plus particulièrement du laboratoire MATIS dans ce projet comprend de la fourniture de données (images aériennes multi-stéréoscopiques haute résolution, des bases de données topographiques et des jeux de données BATI3D®) ainsi que la réalisation de travaux de recherche portant sur la reconstruction de superstructures à partir de prises de vues aériennes, la détection de la végétation urbaine, l'individualisation des arbres et la classification des espèces et enfin la mise au point matérielle et logicielle d'un appareil photo 6D (GPS/INS) permettant l'enrichissement automatisé des modèles à partir de prises de vues terrestres.

Corina IOVAN

Végétation en milieu urbain : détection, caractérisation et modélisation à partir d'images aériennes haute résolution

La modélisation 3D des zones urbaines est un enjeu actuel important pour des nombreuses applications liées à l'aménagement du territoire, l'urbanisme ou la gestion de l'environnement. Un large éventail de techniques de traitements automatiques d'images aériennes, a été proposé depuis plusieurs années pour la reconstruction 3D des environnements urbains.

Cependant, la plupart des modélisations se limitent aux objets créés par l'homme (bâti, route...). Or la végétation est également très importante pour la compréhension des zones urbaines. Ces types d'applications peuvent être améliorés par une modélisation fine du mobilier urbain et notamment l'intégration de la végétation, avec une description précise de la disposition des arbres et des espèces. Dans ce travail, nous proposons d'extraire et de caractériser automatiquement la végétation à partir de données images aériennes et du modèle numérique de surface.

Nous avons développé un système hiérarchique pour analyser la végétation urbaine à partir des images aériennes couleur et infrarouge. Le processus commence par une étape d'extraction des zones de végétation, suivi par une étape de segmentation de la végétation en végétation haute (arbres) et végétation basse (pelouses). Ensuite, les houppiers des arbres sont extraits en utilisant un algorithme de croissance des régions intégrant des caractéristiques géométriques des arbres. Les houppiers ainsi identifiés sont ensuite caractérisés par un ensemble d'indices de texture, qui constitueront les vecteurs caractéristiques du système de classification d'espèces d'arbres. Les informations géométriques tel que le diamètre de la couronne et la hauteur des arbres sont ensuite estimées. Enfin, l'ensemble des informations ainsi extraites est intégré dans un modèle 3D de ville pour obtenir un rendu réaliste de l'environnement virtuel urbain.

Mathieu BRÉDIF

Reconstruction de superstructures de toit

Une des pistes d'amélioration des modèles de type BATI3D est le recalage fin de ces modèles de bâtiment et l'ajout des détails géométriques que sont les superstructures de toit : cheminées, chiens-

assis, verrières, terrasses de toit ... Ce niveau de détail peut être atteint avec des images aériennes de résolution 10 cm.

A partir d'une reconstruction initiale, par exemple un modèle de la base BATI3D, les facettes de toit sont déplacées finement afin de les recalculer sur le modèle numérique d'élévation (MNE). Ce recalage permet de relâcher certaines contraintes telles que l'horizontalité des gouttières, qui améliorent la robustesse de la reconstruction du bâtiment, mais qui peuvent empêcher la localisation précise des facettes de toit nécessaire à la reconstruction fine de leurs superstructures.

L'ajout des superstructures se déroule en deux étapes. Le MNE est d'abord parcouru sur l'ensemble du toit afin de repérer un ensemble de superstructures possibles pour chacun des types de superstructure recensés (cheminée, verrière...). Cet ensemble explique de manière redondante le MNE : un écart au toit dans le MNE peut, par exemple, être détecté à la fois comme un grand chien assis, ou deux petits, ou un chien assis et une cheminée. Il s'agit donc alors de choisir la meilleure explication parmi celles offertes par l'ensemble des superstructures détectées.

Arnaud LE BRIS

SIFT : un outil pour la mise en correspondance d'images

La détection automatique de points homologues est une étape importante pour différents types d'applications visant à mettre en correspondance des images. La méthode SIFT (Scale Invariant Feature Transform, voir <http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>) a été proposée en 2004 par David Lowe. Elle montre une grande robustesse notamment aux variations d'échelle, aux rotations ainsi qu'à des transformations affines. Elle est en revanche assez sensible au phénomène de diachronisme (i.e. lorsque les images n'ont pas été acquises à la même période et présentent un aspect différent).

SIFT fonctionne en deux étapes :

- Les points d'intérêts (points de Lowe) sont d'abord extraits de chaque image. Un descripteur (sous la forme d'un vecteur de dimension 128) leur est ensuite associé : il va décrire l'image au voisinage de ces points.
- Pour chaque couple d'images, l'étape de mise en correspondance revient alors à rechercher pour chaque point d'intérêt de la première image son plus proche voisin dans l'espace des descripteurs parmi les points détectés dans la seconde image.

Des exemples d'utilisation de SIFT dans les deux cas de figure suivants seront présentés :

- Détection automatique de points de liaison pour les calculs d'aérotriangulation.
- Mise en correspondance d'images d'échelles différentes

Laboratoire LAREG

Jérôme VERDUN (ENSG / LAREG)

Détermination du champ de pesanteur terrestre par gravimétrie mobile et filtrage de Kalman

La connaissance de la gravité terrestre est fondamentale en géodésie, notamment pour la détermination des modèles de géoïde à haute résolution. Aujourd'hui, les satellites gravimétriques CHAMP et GRACE bientôt relayés par le satellite GOCE réalisent des mesures homogènes de la gravité terrestre avec une résolution spatiale qui devrait bientôt atteindre 200 km. Les mesures à haute résolution (≈ 1 km) sont réalisées par gravimétrie statique à terre et par gravimétrie mobile en mer dans les régions accessibles. Certaines régions comme les chaînes de montagnes, les marges continentales, les déserts et les forêts à végétation dense demeurent en revanche très déficitaires en mesures gravimétriques, ce qui rend l'estimation de modèles de géoïde locaux et régionaux très

difficile. C'est pourquoi la gravimétrie mobile, plus particulièrement la gravimétrie aéroportée, apparaît comme la seule technique adaptée pour acquérir des mesures gravimétriques globales à moyenne résolution (< 200 km) inaccessibles par gravimétrie spatiale.

L'IGN et l'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes (ESGT) du Mans poursuivent actuellement des recherches qui visent à développer un système autonome de gravimétrie mobile vectorielle, utilisable sur des véhicules terrestres, à bord de navires ou d'avions. Un prototype de gravimètre mobile, composé de 3 accéléromètres à axes orthogonaux couplés à des récepteurs GPS, a été testé en conditions réelles dans le cadre de la thèse de Bertrand de Saint-Jean au LAREG et les recherches se concentrent actuellement sur les méthodes de traitement combiné des mesures d'accélération et des mesures GPS pour la restitution de la pesanteur.

Après avoir exposé le principe de la mesure de la pesanteur depuis un véhicule en mouvement ainsi que le rôle des différents capteurs qui composent un système de gravimétrie mobile, nous décrirons en détail une méthode de traitement basée sur le filtrage de Kalman que nous avons expérimentée sur un profil de gravimétrie marine, et discuterons ses performances.

Álvaro SANTAMARÍA

Analyse du bruit et de la stratégie de calcul dans le cadre du projet GPS / TIGA

Le LAREG et l'Université de la Rochelle participent en tant que centres d'analyse au projet pilote TIGA (Tide Gauge Benchmark Monitoring), projet de l'IGS (International GNSS Service, <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>). Ce projet a pour but d'estimer sur le long terme les déformations verticales du réseau de marégraphes GLOSS (Global Sea Level Observing System) par rapport à un réseau de stations GPS permanentes co-localisées. Ces mouvements du sol sont alors utilisés pour corriger la montée du niveau relatif de la mer mesurée par les marégraphes.

De récentes améliorations de la modélisation GPS utilisée dans le logiciel scientifique GAMIT ont conduit le centre d'analyse de l'Université La Rochelle à retraiter toutes les données GPS collectées dans le cadre de TIGA. Afin d'estimer la précision des mouvements verticaux à long terme dans cette nouvelle analyse, nous avons procédé à une analyse du bruit et une comparaison avec la solution accumulée de l'IGS. Dans le même temps, nous menons des tests visant à comparer les modèles de variation absolue ou relative pour les centres de phase des antennes, les « mapping functions » (VMF1 ou GMF), différents logiciels de combinaison (GLOBK ou CATREF), et deux approches pour combiner le réseau global (sous-réseaux régionaux ou globaux). Nous présentons ici les derniers résultats issus de ces tests et les améliorations envisagées pour la définition du repère de référence.

David COULOT

Réseaux Génétiquement Modifiés (RGM) : quel apport aux Systèmes de Référence ?

Les algorithmes génétiques font partie de la classe des algorithmes dits évolutionnaires. Ces algorithmes reposent en effet sur les lois de la génétique, ce qui leur permet de brasser et de faire évoluer « intelligemment » des populations de solutions potentielles à des problèmes d'optimisation pouvant revêtir des formes très complexes. Ils sont abondamment utilisés dans des domaines aussi variés que la médecine, l'architecture, l'astrophysique ou encore la géophysique.

Le but de ces travaux est de tester une première application de ce type de méthode dans le cadre de la géodésie, domaine dans lequel ces algorithmes n'ont pas encore été véritablement appliqués. Plus précisément, nous utilisons ces algorithmes pour trouver des sous-réseaux de stations de poursuite de télémétrie laser afin d'aligner le mieux possible les paramètres d'orientation de la Terre (les EOPs) sur le repère de référence terrestre sous-jacent. Nous donnons également une vue d'ensemble de nos futurs travaux liés à ce type de méthode dans le cadre de la géodésie spatiale.

Pascal WILLIS (IGN / IPGP)

DORIS : recherches et applications géodésiques et géophysiques



[DORIS](#) est un système français d'orbitographie précise de satellites bas. Il est opérationnel depuis le lancement de la mission SPOT2 en 1990 et a été utilisé pour plusieurs missions altimétriques (TOPEX/Poseïdon, Jason, ENVISAT). Un réseau de poursuite d'une cinquantaine de stations a été mis en place autour du globe par l'IGN pour assurer une poursuite continue de satellites bas (actuellement SPOT-2-, SPOT-4, SPOT-5 et ENVISAT). Il est possible d'utiliser les mesures Doppler de ce système (vitesses relatives du satellite par rapport à la station au sol) pour déterminer simultanément la trajectoire de ces satellites, ainsi que la position précise des stations émettrices au sol à une précision d'environ 10 mm pour une semaine de mesure. Dans le cadre d'une coopération internationale, l'IGN participe à l'International DORIS Service, en fournissant toutes les semaines la [position estimée](#) de toutes les stations.

Le but de cette présentation est de montrer les différentes recherches qui ont permis au cours des dernières années à une amélioration significative des performances géodésiques de ce système : frottement atmosphérique, centre de phase des antennes, pression de radiation solaire. Enfin, nous montrerons quelques applications scientifiques de ces résultats pour la géophysique globale et pour des études plus locales en volcanologie.

Olivier BOCK

La Mousson Ouest-Africaine observée à l'aide d'un réseau GPS dans le cadre du projet AMMA

Le CNRS et l'IGN ont mis en place un réseau de six stations GPS dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest pour l'étude de la mousson (projet international d'Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine, initié par des chercheurs français). Des observations continues ont été accumulées et traitées depuis le printemps 2005. Un post-traitement utilisant des orbites précises et une stratégie cohérente sur le long terme et adaptée au climat africain nous permet d'interpréter les séries temporelles de contenu intégré de vapeur d'eau restitué au niveau de chaque station d'un point de vue climatologique. Nous montrons ainsi que ces mesures, réparties le long d'un axe allant de la côte guinéenne au Sahel, révèlent des caractéristiques climatiques très marquées.

Nous pouvons notamment identifier différentes phases dans l'évolution saisonnière de l'état de l'atmosphère et du cycle de la mousson. La saison humide peut être décomposée en cinq phases entre la mise en place, le cœur de la saison des pluies et le retrait de la mousson. Une variabilité intra-saisonnière marquée du contenu intégré de vapeur d'eau est révélée, avec des oscillations associées à des transports d'humidité à l'échelle régionale de 10-20 jours au cœur de la saison et 3-5 jours au Sahel en début et fin de saison. A l'échelle locale, une oscillation diurne du contenu intégré de vapeur d'eau est détectable. Elle résulte de la combinaison de différents processus du cycle de l'eau dans la colonne atmosphérique (transports dans le flux de mousson et dans le jet d'Est africain, évapotranspiration par le sol et la végétation, convection et précipitation). Nous présentons également une application en temps quasi-réel. Dans ce cas, les solutions GPS permettent d'évaluer la qualité des radiosondages et des prévisions des modèles météorologiques. Ces diagnostics ont servi, notamment, au cours de la campagne d'observations intensives de 2006.

Pierre BOSSER

Couplage Lidar Raman – GPS pour le nivellement de précision : bilan et perspectives

Les travaux menés conjointement par le Service d'Aéronomie du CNRS et le laboratoire OEMI dans le cadre de l'action de recherche NIGPS ont abouti voici déjà quelques années au développement d'un système lidar Raman Vapeur d'eau. La mesure de profil de vapeur d'eau à l'aide de cet instrument doit permettre une amélioration de la détermination de la composante verticale. Les travaux menés précédemment à partir de simulations numériques montrent ainsi que la correction de l'effet de la vapeur d'eau atmosphérique sur la propagation du signal GPS (retard troposphérique humide) peut ramener la précision obtenue pour de courtes sessions d'observation GPS (typiquement 4 à 6 h) à celle obtenue pour des sessions de 24h (5-10 mm).

Nous nous intéressons ici aux résultats obtenus lors de récentes campagnes de mesure dans lesquelles le lidar IGN-SA a été impliqué, en soulignant les améliorations nécessaires que celles-ci ont mises en évidence. Nous aborderons ainsi les aspects à la fois algorithmiques avec une étude précise de la méthode de restitution de profils de rapport de mélange et du retard humide, mais aussi instrumentaux avec les évolutions indispensables pour une utilisation plus opérationnelle du système.

Le lidar IGN-SA est désormais capable de restituer une mesure précise de vapeur d'eau dont l'adéquation avec d'autres techniques de mesure est remarquable (erreur moyenne sur la quantité intégrée inférieure à 3 mm). Les résultats obtenus sur les données de la campagne VAPIC-04 viennent confirmer la faisabilité de la correction des observations GPS par des mesures lidar en soulignant les avancées apportées.

Olivier MARTIN

GéoCubes : des réseaux de capteurs géolocalisés (de précision centimétrique, autonomes, peu onéreux)

Fin 2006 a démarré le projet européen S@NY (Sensors Anywhere voir <http://www.sany-ip.eu/>) qui a pour objectif de standardiser les formats d'échange de données afin de faciliter l'interopérabilité entre capteurs ou réseaux de capteurs. L'IGN participe à ce projet comme membre du groupe *Geohazard* et a proposé un système innovant pour la détection de mouvements de terrain. Le concept est basé sur un réseau de capteurs formant une maille déformable. Chaque entité, nommée GéoCube, est composée principalement d'un petit module GPS mono fréquence bas coût, d'un système de communication sans fil basse consommation et de plusieurs capteurs (accéléromètre, température, pression). Le tout est alimenté par des batteries chargées par des cellules photovoltaïques, le rendant entièrement autonome.

A partir du traitement d'une heure de mesures effectuées par chaque GéoCube en différentiel par rapport à une station GPS fixe bifréquence de référence, la position de chacun des éléments de la maille est fournie avec une précision sub-centimétrique. Les mouvements basse fréquence sont ainsi mesurés, les plus hautes fréquences étant détectées grâce aux accéléromètres. Après une première version exploratoire pouvant s'étendre sur quelques dizaines de mètres seulement, une seconde plus perfectionnée et modulaire verra le jour d'ici 2009 permettant de couvrir des superficies de l'ordre du kilomètre carré.

S@NY est un Projet Intégré (contrat 0033564) financé par la Commission Européenne (Information Society and Media DG) dans le cadre des activités de recherche et développement dépendant de la thématique " Information Society Technologies ".

Jean-Philippe SOUCHON

Actualité des caméras numériques : nouvelle version, images de nuit ...

Depuis le mois d'avril 2006, le LOEMI travaille au sein d'une structure projet, à la mise au point d'une nouvelle version des caméras numériques de l'IGN. D'une part, les systèmes utilisés aujourd'hui en production n'offrent plus toutes les garanties nécessaires de maintenance, ceci en raison de l'obsolescence de certains composants ; d'autre part, leurs performances techniques en terme de fauchée et de pixel sol minimum en font des systèmes dépassés.

La nouvelle version de la caméra numérique a pour principales caractéristiques un encombrement réduit, une cadence d'acquisition autorisant un pixel sol stéréoscopique inférieur à 10 cm, une grande modularité d'association des têtes de caméras entre elles, et suivant les configurations ainsi choisies, une fauchée pouvant aller de 7200 à 14000 pixels. Quelques nouveautés par rapport à l'ancien système ont été mises au point telles que le contrôle du temps de pose grâce à une photodiode placée dans la chambre noire. Le premier prototype de quadri-caméra, sur le modèle du système aujourd'hui utilisé en production est en cours d'achèvement et un vol test devrait avoir lieu fin hiver-début printemps 2008 avant la reprise de la saison de prises de vues avec l'ancienne version pour ce qui sera sans doute son "jubilé".

Mais cette ancienne version avant de céder sa place s'est encore illustrée en 2007 par une nouveauté : une mission de nuit sur la ville d'Amiens. A l'origine de ce vol, des contacts avec le SIPPAREC, dont l'une des missions, dans le cadre de sa compétence électricité, est la gestion de l'éclairage public pour le compte des communes franciliennes qu'il représente. L'objectif principal de cette expérience était d'étudier les potentialités de l'imagerie aérienne de nuit pour l'évaluation de la qualité du service rendu aux usagers par l'éclairage public. Là encore c'est la facilité à modifier le paramétrage de nos caméras numériques qui a permis de mettre au point le système adéquat, que ce soit pour l'ouverture de diaphragme ou encore le choix de temps de pose autorisé par une compensation de filé électronique illimitée.

Laboratoire MATIS (imagerie terrestre)

Raphaële HENO (ENSG)

Numérisation 3D pour la conservation du patrimoine : méthodes actuelles et besoins futurs



Depuis quelques années, l'ENSG a acquis une grande expérience des levés patrimoniaux par photogrammétrie traditionnelle ou associée au scanner laser. En effet, l'exigence de montrer aux étudiants des conditions réelles de production de données photogrammétriques a permis de répondre à de nombreuses demandes d'architectes, souhaitant obtenir un modèle 3D de leur site d'intérêt. Ainsi, quelques bâtiments prestigieux, dont plusieurs mosquées historiques au Yémen, la chartreuse de Villeneuve-lès-Avignon, l'église de l'abbaye de Saint-Polycarpe, ont fait l'objet d'opérations éclair de relevés sur le terrain, permettant à la fois aux étudiants de faire un apprentissage efficace, et au commanditaire, d'obtenir tout ou partie de l'archive demandée. Ces documents, parce qu'ils sont dérivés des méthodes classiques des géomètres et des photogrammètres, sont une trace objective de la forme des monuments, exempte de toute interprétation historique ou culturelle que ne manquerait pas de lui donner un professionnel du patrimoine (architecte, archéologue, urbaniste, ou historien de l'art), si, armé de patience et de courage, il le faisait lui-même. Comme tels, ces documents représentent la première étape de la conservation du patrimoine.

L'importance accordée à cette documentation géométriquement exacte n'est pas neuve, mais la modernisation des méthodes de levés a pu parfois donner l'illusion qu'on pouvait dorénavant l'obtenir rapidement et à peu de frais. En réalité, l'expérience de l'ENSG qui s'astreint pour chaque projet, et indépendamment des contraintes quotidiennes, à traiter les données relevées sur le terrain, et à fournir des produits type aux commanditaires, montre que de nombreuses tâches sont encore

fastidieuses. Malgré le développement par Yves Egels d'un logiciel dédié à la production d'une partie des données attendues par les architectes, notamment les plans, les coupes et les élévations, de nombreuses améliorations s'imposent aujourd'hui, concernant le calage des nuages laser les uns par rapport aux autres, ainsi que le nettoyage des données laser, phase essentielle sans laquelle les documents ne sont pas considérés comme une référence.

Nicolas PAPARODITIS

Des systèmes de numérisation terrestres multi-usages : un zoom sur STEREPOLIS V2 et son potentiel applicatif

L'équipe ARCHI du laboratoire MATIS développe, depuis 2002, un ensemble de systèmes de collectes automatisés de données terrestres, principalement pour enrichir et compléter les modèles 3D de villes réalisés à partir d'images aériennes ou satellites (avec des outils logiciels de production comme Bati3D) : images et objets de façades, mobilier et voirie urbaines, édifices remarquables, etc. De manière plus prospective, ARCHI développe également des traitements et des applications autour de ces données pour définir de nouveaux produits et de nouveaux usages.

Dans un premier temps, nous présenterons rapidement l'ensemble des systèmes de numérisation développés au sein du laboratoire MATIS. Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur le véhicule de numérisation STEREPOLIS V2 destiné à l'acquisition d'imagerie 3D géoréférencée (des images panoramiques, de l'imagerie stéréoscopique, et également des nuages de points 3D) dans les canyons urbains. Après une brève présentation du système, qui sera développée plus en détail dans les deux présentations suivantes, nous montrerons en quoi ce système a été conçu pour être multi-usage.

En conclusion, nous présenterons quelques valorisations possibles de ces données terrestres qui nécessitent toutes des niveaux de traitement, des niveaux de qualité et des investissements de recherche variables. En particulier, nous présenterons deux thématiques de recherches, développées autour des données de STEREPOLIS V2, qui seront investigués dans le cadre de deux projets nationaux : iTOWNS (réalité virtuelle et indexation d'images 3D à travers le web) et CityVIP (route « intelligente », aide à la navigation et navigation autonome). Ces deux projets respectivement de l'ANR Masse de Données et Connaissances et de l'ANR Predit, dans lesquels le MATIS est respectivement moteur et partenaire, ne font que débiter ...

Erwann HOUZAY et Jean-Pierre PAPELARD

Architecture matérielle et logicielle du système d'acquisition STEREPOLIS.

L'architecture du système STEREPOLIS V2 aussi bien hardware que software est le résultat d'un développement d'un an homme. Elle repose sur l'utilisation de sous-systèmes disponibles « sur étagère » : système de navigation POS LV 220 de la société Applanix, caméras Pike 210C de la société Allied Vision Technologies, lasers LMS-Q210i de la société Riegl.

La principale difficulté de réalisation d'un tel système réside essentiellement dans la synchronisation et l'enregistrement des données de différents capteurs asynchrones: gestion d'un flux de 6 images/s par caméra, déclenchement simultané des prises de vue, tag des données de géoréférencement pour obtenir position et orientation lorsque c'est nécessaire, etc.

La réalisation du prototype actuel repose sur une approche modulaire et une architecture distribuée maître/esclave s'appuyant sur le logiciel de prototypage d'applications temps réel RTMAPS (Intempora).

Bertrand CANNELLE

Evaluation de la qualité de positionnement et d'orientation du système de navigation POS LV 220 de STEREPOLIS.

Cette présentation est l'occasion de faire une première évaluation de la qualité de positionnement de ce système, et en temps réel et en post-traitement. Différents tests ont été réalisés dans des conditions d'environnement variées : sans masque GPS, absence totale de GPS, répétitivité de positionnement avec et sans masque GPS afin de simuler les différentes conditions d'utilisation du véhicule.

La première partie de la présentation sera consacrée à la description du système POS LV (capteurs et logiciel), la seconde partie présentera les premiers tests ainsi que les résultats de cette évaluation.

Laboratoire COGIT

Anne RUAS et Sébastien MUSTIÈRE

Deux projets ANR du COGIT : GeOpenSim et GeOnto

Le projet ANR GeOpenSim est un projet proposé et dirigé par le laboratoire COGIT et réalisé en partenariat avec deux laboratoires de recherche de l'université de Strasbourg (Image et Ville dirigé par Christiane Weber et le laboratoire des sciences de l'image, de l'informatique et de la télédétection dirigé par Pierre Gançarski). L'objectif du projet est de développer une plateforme open source permettant de simuler des évolutions de tissus urbains en se basant sur des données topographiques vectorielles. Il faudra pour cela identifier des patterns d'évolution en se basant sur des évolutions constatées. La plateforme de simulation sera construite sur GeOxygène (voir <http://oxygene-project.sourceforge.net/>) qui sera enrichi à cette occasion d'un module de simulation et de gestion du temps. Ce projet est une opportunité pour mettre en valeur l'historicité des données géographiques. Il permettra d'ouvrir la voie vers l'utilisation de données vectorielles pour l'étude des dynamiques territoriales.

Quant au projet GeOnto, il consiste en un partenariat avec les universités de Toulouse, Pau et Orsay et vise dans un premier temps à créer automatiquement des taxonomies de termes géographiques par analyse automatique du langage, à partir d'une part des spécifications des bases de données IGN et d'autre part d'un corpus de récits de voyage. Les taxonomies créées seront ensuite comparées et éventuellement fusionnées, avant d'être utilisées dans des applications mettant en avant les problèmes d'interopérabilité entre informations géographiques.

Ana-Maria OLTEANU-RAIMOND

L'appariement de données géographiques basé sur la théorie des fonctions de croyance

Actuellement, il existe de nombreuses bases de données géographiques qui couvrent le même territoire. On constate une indépendance entre ces bases de données qui est problématique à la fois pour l'utilisateur et pour le producteur. Une solution possible est de les intégrer. L'intégration des deux bases de données géographiques fait appel à la fois à l'intégration des schémas et à l'intégration des données.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'appariement de données. Ce dernier est un outil qui permet d'associer les données de deux bases de données géographiques et de produire des liens explicites entre les objets homologues. Nous proposons une approche générique d'appariement de données qui prend en compte et qui modélise grâce à la théorie des fonctions de croyance les

imperfections présentes à la fois dans les données et dans les connaissances utilisées dans le processus d'appariement.

Globalement, afin d'apparier les objets homologues, nous avons défini trois critères d'appariement basés sur la géométrie, la toponymie et la sémantique. Premièrement, en fonction des connaissances qu'on a sur un possible couple d'objets homologues, chaque critère, indépendamment des autres, peut se prononcer en faveur ou en défaveur du couple ou il peut ne pas se prononcer du tout. Deuxièmement, afin d'avoir une vue d'ensemble, les critères sont combinés et ensuite une décision est prise.

Nous avons testé notre approche sur des données géographiques réelles, représentant les points remarquables du relief. Cette méthode est efficace et donne de bons résultats tant du point de vue du nombre d'objets appariés que du point de vue de la qualité de l'appariement.

Bénédicte BUCHER

Vue d'ensemble sur les recherches du COGIT sur la Carte à la carte

La Carte à la Carte est un sujet très actuel qui donne lieu à plusieurs démarches dans divers services de l'IGN. Ainsi, un service de commande en ligne de cartes personnalisées s'est ouvert au grand public sur le site de l'IGN. Par rapport à ce site, nos recherches se concentrent sur la possibilité de personnaliser non seulement la zone et l'échelle mais aussi le contenu de la carte et les styles de la légende. Nous travaillons sur un processus complet de rédaction d'une carte à la demande. Par ailleurs, avec la directive INSPIRE, des services cartographiques officiels vont voir le jour. Nous pensons qu'il sera important de proposer des services experts de cartographie additionnels en plus des services actuellement mis en place par les équipes du service de l'Information en Ligne (SIEL).

Ces services seront nécessaires par exemple pour adapter les légendes de couches cartographiques provenant de serveurs indépendants avant de les superposer. Ils seront utiles aussi pour évaluer l'application d'une légende sur des données (est-ce que des interactions graphiques inattendues brouillent le message souhaité?). Autrement dit, les recherches sur la carte à la carte au COGIT se concentrent sur des aspects complémentaires des démarches du SIEL et du service Carte à la Carte. Nous résumons ainsi les aspects principaux de notre approche :

- Adapter chaque étape du processus à la demande.
- Intégrer l'expertise cartographique.
- Fournir des services qui s'intègrent dans l'infrastructure INSPIRE, c'est-à-dire plus pratiquement dans la plate-forme de services du Géoportail.
- Favoriser la créativité en cartographie.

Les travaux concernés sont multiples. Plusieurs thèses ont été soutenues ou sont en cours. Ils prennent place dans diverses actions de recherches tout en s'intégrant dans une même proposition cohérente. Cette présentation veut donner des pointeurs vers ces travaux et des rendez-vous pour des présentations plus détaillées de chacun.

Elodie BUARD

Evaluation et amélioration des contrastes colorés par acquisition de connaissances dans le contexte de la Carte à la Carte

Le concept général de la Carte à la Carte est de fournir une carte en ligne à un utilisateur qui n'a a priori pas ou peu de connaissances en cartographie, mais qui désire sélectionner certaines données géographiques et obtenir une carte avec sa propre légende.

Notre objectif est l'analyse et l'amélioration de la symbolisation de la carte conçue par cet utilisateur. Pour une première approche, nous nous sommes centrés sur la variable visuelle couleur. Ce type

d'approche peut être utilisé pour la conception de cartes topographiques ou de carte de risques, carte complexe du fait de la superposition d'un grand nombre d'à-plats de couleur.

Pour améliorer les légendes, nous proposons deux approches. La première est d'analyser les contrastes de couleur sur la carte symbolisée, c'est-à-dire d'évaluer les contrastes entre un objet géographique et son ou ses objets voisins. La deuxième est d'analyser la répartition des couleurs dans la légende et d'examiner leurs interactions.

Ces deux méthodes s'appuient sur le calcul de contrastes colorés perçus. Nous avons réalisé une série de tests auprès d'experts cartographes pour l'amélioration de ces valeurs de contrastes.

Patrick TAILLANDIER

Modèle de révision des connaissances de guidage d'un processus de généralisation automatique.

La généralisation est l'opération qui consiste à simplifier et à synthétiser des données géographiques afin de répondre à un besoin particulier. L'une des approches les plus utilisées au COGIT en généralisation automatique consiste à appliquer sur les différents objets géographiques, des suites d'actions de généralisation (suppression, agrégation, etc.). La difficulté de l'automatisation de la généralisation est de savoir quelle action appliquer sur un objet à un moment donné du processus en fonction des caractéristiques de l'objet. L'approche utilisée au COGIT consiste à résoudre ce problème d'orchestration par utilisation de systèmes fonctionnant par essais/erreurs. Ce type de système met en œuvre une quantité importante de connaissances : quelle action essayer, sur quels critères valider ou annuler une action, etc. Actuellement, ces connaissances dites de guidage, sont entrées "à la main" par des experts dans le système de généralisation. Or leur mise au point s'avère souvent longue et fastidieuse. De plus, si la qualité de ces connaissances s'avère généralement bonne, celle-ci est rarement parfaite. Enfin un dernier problème concerne l'évolutivité du système : il est nécessaire que ce dernier soit en mesure de s'adapter lors de l'ajout de nouveaux éléments tel que de nouvelles actions de généralisation.

L'objectif du travail présenté est de proposer des méthodes permettant la révision automatique des connaissances de guidage contenues dans un système de généralisation de ce type. Notre approche générale consiste à analyser les traces d'exécution obtenues après généralisation d'un grand nombre d'objets géographiques. Cette analyse permet de tirer des informations sur les succès et les échecs rencontrés par l'application des connaissances initiales et ainsi de les réviser.