

16^{èmes} Journées de la Recherche

7 mars (après-midi) et 8 mars 2007

Les Journées de la Recherche auront lieu salle Robert Génot,
sur le site de l'IGN à Saint-Mandé

7 mars après-midi (13 h 30 - 17 h 30)

13h00	Accueil des participants
13h15	Introduction générale et présentation du programme par Patrice Bueso
COGIT	
13h30	Présentation des recherches du laboratoire COGIT et des points forts 2006-2007 par Anne Ruas
14h00	Guillaume Touya – Étude sur la généralisation et l'intégration pour la construction d'un fond vert commun IFN-IGN.
14h30	Julien Gaffuri – Déformation pour la généralisation cartographique à base d'agents. Le modèle GAEL.
15h00	Nathalie Abadie – Création d'une ontologie géographique à partir de spécifications par analyse automatique en langage naturel, en vue de l'intégration de différentes bases de données.
15h30	Pause
16h00	Catherine Domingues – Conception et utilisation d'échantillons cartographiques pour l'aide à la conception de légendes
16h30	Benoît Poupeau – Modélisation et analyse 3D à l'aide de principes en cristallographie géométrique : le modèle Cristage.
17h00	Christelle Pierkot – Une approche pour mieux gérer les mises à jour concurrentes.
17h30	Fin

8 mars matin (9 h 30 - 12 h 30)

LAREG	
9h30	Présentation des recherches du laboratoire LAREG par Olivier Jamet
9h45	Marie-Noëlle Bouin – Le projet TIGA : comment le GPS permet de ré-estimer la montée du niveau de la mer.
10h15	Xavier Collilieux – Analyse des séries résiduelles de hauteurs de l'ITRF2005. Les techniques de géodésie spatiale s'accordent-elles ?
10h45	Pause
11h15	Juliette Legrand – Application explicite de la condition de non-rotation à partir d'un champ de vitesses interpolé issu de l'ITRF2005.
11h45	Bertrand de Saint-Jean – Développement et expérimentation d'un système de gravimétrie mobile.
12h15	Arnaud Pollet – Combinaison de techniques de géodésie spatiale au niveau des observations. Contributions aux réalisations des systèmes de référence et à la détermination de la rotation de la Terre.
12h30	Fin

8 mars après-midi (13 h 45 - 17 h 15)

MATIS	
13h45	Présentation des recherches du laboratoire MATIS par Didier Boldo
14h00	Marc Pierrot Deseilligny – MicMac, un logiciel pour la mise en correspondance automatique dans le contexte géographique.
14h30	Bahman Soheilian – Reconstruction de marquages routiers à partir d'images terrestres.
15h00	Pause
15h30	Nicolas Champion – Reconstruction automatique de modèle de terrain à partir de modèle de surface de corrélation pour la détection de changement.
16h00	Frédéric Bretar, Clément Mallet, Adrien Chauve & Nicolas David – L'action de recherche LASER : premiers résultats et perspectives.
17h00	Clôture des Journées par François Brun , directeur général adjoint de l'IGN.
17h15	Fin des Journées de la Recherche

Étude sur la généralisation et l'intégration pour la construction d'un fond vert commun IFN-IGN

Guillaume Touya

Le travail présenté est une étude technique réalisée au laboratoire COGIT, entre avril et juillet 2006, à la demande du Service des Bases de données Vecteur de l'IGN. Cette étude a pris place dans le contexte de la collaboration entre l'IGN et l'IFN (Inventaire Forestier National), organisme en charge de l'inventaire permanent de la ressource forestière nationale. Jusqu'à récemment, l'IGN et l'IFN saisissaient et maintenaient tous deux des données vectorielles relatives aux zones de forêt.

Ils étudient à présent la possibilité de mutualiser la production de ces données pour constituer un « fond vert » commun, factorisant les besoins communs aux deux organismes et à partir duquel chacun d'eux pourrait ensuite dériver les données répondant à ses besoins propres. Les besoins des deux organismes, donc les spécifications des données forestières qu'ils saisissent et utilisent, sont en effet très différents : résolution géométrique plus fine des données à l'IGN, découpage thématique plus fin à l'IFN, etc.

Le laboratoire COGIT a étudié dans quelle mesure il est techniquement possible, avec les outils dont nous disposons à l'heure actuelle, de passer le plus automatiquement possible des données végétation produites actuellement à l'IGN pour le Référentiel Grande Échelle, d'abord à ce fond vert commun, puis à des données répondant aux besoins propres de l'IFN et de l'IGN. Les techniques utilisées pour cela sont, d'une part, la généralisation (pour simplifier les données), et d'autre part, l'appariement (pour recalculer les limites thématiques présentes dans les données IFN actuelles sur les données du fond vert commun). À l'issue de l'étude, réalisée sur trois zones tests représentatives de trois types de paysages forestiers différents, il semble effectivement possible de mettre au point un processus automatisé en grande partie répondant à ces besoins.

Déformation pour la généralisation cartographique à base d'agents. Le modèle GAEL

Julien Gaffuri

La majorité des travaux en automatisation de la généralisation ont concerné les thèmes routier et bâti. De nombreux modèles de généralisation, parmi lesquels ceux du laboratoire COGIT basés sur une approche multi-agents, ont été conçus pour ces thèmes et ont donné des résultats encourageants. Notre objectif initial est de permettre la prise en compte de thèmes jusqu'alors laissés de côté : les « thèmes champ ». Ces thèmes tels que le relief, l'occupation du sol ou la partition administrative ont pour particularité d'être définis en tout point de l'espace. De nombreuses relations existent entre ces thèmes et les autres objets géographiques (par exemple : l'appartenance d'un bâtiment à une certaine zone d'occupation du sol ou l'écoulement d'un tronçon hydrographique sur le relief) et doivent être préservées au mieux lors du processus de généralisation.

Le problème essentiel posé par la prise en compte des thèmes champ est la nécessité de déclencher des opérations de déformation. L'enjeu de ce travail est de pouvoir disposer d'un système de généralisation hybride permettant de gérer à la fois des opérations discrètes et continues lors du processus de généralisation.

Le modèle proposé, baptisé GAEL (Généralisation à base d'Agents Élastiques) propose d'étendre les modèles agent actuellement utilisés afin de permettre des opérations continues telles que les déformations. Les objets à déformer sont décomposés sous forme de petits objets contraints (segments, triangles...). Les points composant la géométrie de ces objets sont modélisés comme des agents, ce qui leur confère un comportement élastique. Cette modélisation est appliquée aux objets champs. Les champs deviennent alors des nappes élastiques s'adaptant au mieux aux changements des autres objets en se déformant.

Création d'une ontologie géographique à partir des spécifications par analyse automatique en langage naturel en vue de l'intégration de différentes bases de données

Nathalie Abadie

Il existe fréquemment plusieurs bases de données géographiques couvrant une même zone, conçues et produites avec des objectifs et des moyens différents. Or, l'indépendance de ces bases de données suscite des problèmes d'interopérabilité. Pour remédier à cela, une solution consiste à expliciter les relations entre les bases de données. Cette intégration des bases comporte deux aspects : l'appariement des données et l'appariement des schémas, qui est l'objet de ces travaux.

De nombreuses recherches préconisent l'introduction d'une ontologie du domaine dans le processus d'appariement de schémas. Ainsi chacun des schémas est d'abord mis en correspondance avec cette ontologie et les relations entre les différents schémas sont inférées à partir des relations schéma-ontologie. Se pose alors la question de la création de l'ontologie et de l'explicitation des liens schéma-ontologie. Dans une thèse soutenue en 2005, Nils Gesbert propose, pour ce faire, de recourir à une seule et même source de connaissances : les spécifications de contenu des bases de données géographiques, documents textuels très structurés et riches en informations.

Dans un souci d'efficacité, l'étape de création d'une ontologie du domaine a été réalisée à l'aide de techniques de traitement automatique du langage naturel, mises en œuvre dans le cadre d'un stage, au cours de l'été 2006, par Frédéric Laurens. Les traitements mis en place s'appuient sur la structure des spécifications pour extraire, filtrer et classer des mots et expressions clés désignant des concepts du monde topographique. Deux ontologies au format OWL ont ainsi été créées à partir des spécifications de la BDTOPO® et de la BDCARTO®. Un outil d'alignement automatique a permis leur fusion en une seule ontologie topographique regroupant plus de 700 concepts.

Ainsi, nous disposons d'une première ontologie topographique obtenue de façon semi-automatique. Des améliorations doivent être envisagées, notamment au niveau de l'alignement automatique. L'intérêt de cette ontologie est double. Dans un premier temps, elle pourra être utilisée dans le cadre des travaux de l'Action de recherche SSSI, pour permettre la mise en place d'un portail d'accès aux données intégrant la possibilité pour les utilisateurs d'effectuer des requêtes proches du langage naturel. De plus, elle pourra également contribuer à guider l'intégration de données différentes sources, comme le préconise la directive européenne INSPIRE.

Conception et utilisation d'échantillons cartographiques pour l'aide à la conception de légendes

Catherine Domingues

Les outils numériques de création de carte, gratuits ou presque, deviennent de moins en moins complexes. L'utilisateur peut ainsi facilement réaliser des cartes, mais, ne disposant pas de compétence en cartographie, il risque de produire des cartes stéréotypées, inesthétiques ou mal adaptées à l'information qu'il souhaite délivrer. Dans ce contexte, la proposition « Carte à la carte » a pour ambition, à chaque étape de l'élaboration de sa carte, de fournir une aide à l'utilisateur.

Pendant la phase de construction de la légende, notre objectif est de l'aider à construire cette légende afin que sa carte soit adaptée à ses goûts et conforme aux règles de sémiologie graphique. Cette étape met en place un dialogue homme-machine fondé sur la manipulation d'échantillons cartographiques : l'application propose des échantillons que l'utilisateur commente, précisant par là ses goûts. Nous présentons dans ce travail le processus de construction des échantillons et de la base de données d'échantillons.

Des légendes, conformes aux règles de sémiologie graphique ont été élaborées à partir de gammes colorées. Des échantillons ont été construits en appliquant chaque légende à un même jeu de données. Les échantillons ont ensuite été qualifiés expérimentalement en utilisant des propriétés visuelles : *de couleurs chaudes, pastel, lumineuse, sobre, riche, originale, réaliste* (définies d'après une étude lexicale réalisée antérieurement). Différentes personnes, cartographes ou non, ont évalué chacune de ces propriétés pour l'ensemble des échantillons. Le résultat de cette expérimentation est une base de données d'échantillons qualifiés par des propriétés visuelles, esthétiquement variés et, dans la majeure partie des cas, cartographiquement corrects.

Cette base de données sera utilisée pour des travaux ultérieurs : l'élaboration d'une stratégie de dialogue fondée sur la manipulation de ces échantillons, l'exploitation de la description que donne l'utilisateur de son contexte de travail pour déduire les spécifications de sa carte.

Modélisation et analyse 3D à l'aide de principes en cristallographie géométrique : le modèle *Cristage*

Benoît Poupeau

La manipulation d'objets géographiques et leur analyse est le plus souvent réalisée à l'aide de modèles topologiques qui permettent de parcourir de « proche en proche » les primitives géométriques (exemple : triangles) de l'objet. L'inconvénient majeur de cette approche « bottom-up » pour l'analyse est de ne pas apporter une vision globale de la morphologie de l'objet

Le modèle *Cristage* propose, en complément des structures topologiques existantes, d'étudier la structure de chaque objet, c'est-à-dire la manière dont les parties d'un objet, comme les faces d'un bâtiment, sont arrangées entre elles. La structure, définie par une méthode fondée sur l'analyse des symétries de l'objet (la cristallographie géométrique), donne une vision globale (« Top-Down ») de l'objet. Après plusieurs étapes de nettoyage d'artefacts qui donnent des représentations de plus en plus régularisées et symétrisées, la structure épurée est utilisée pour faciliter

certaines opérations géométriques ou analyses. La détection de propriétés géométriques (exemple : le parallélisme, la coplanarité, l'orthogonalité, etc.), la caractérisation spatiale de ces primitives (Haut, Bas, Devant, Derrière, etc.) ou la définition d'opérations sur la géométrie de l'objet (subdivision, simplification, etc.) font partie des nombreux avantages que la cristallographie peut apporter aux requêtes spatiales dans les Systèmes d'Information Géographique.

L'utilisation de *Cristage* est illustrée par quelques applications, dont la simplification 3D et la caractérisation des objets géographiques.

Une approche pour mieux gérer les mises à jour concurrentes

Christelle Pierkot

La mise à jour concurrente des jeux de données géographiques pose des problèmes de cohérence lors de l'intégration des évolutions provenant de sources multiples. Cela est d'autant plus délicat dans un environnement de réplication optimiste des données avec une mise à jour effectuée en parallèle, sans verrouillage de l'écriture et parfois en mode déconnecté.

Notre objectif est d'assurer la cohérence des jeux de données utilisateur dans un contexte militaire. La cohérence souhaitée dépend de la finalité de la mise à jour (prise de décision rapide, préparation des futurs jeux de données, ...). Nous proposons une stratégie d'intégration cohérente des mises à jour basée sur un contrôle de concurrence couplé à des sessions de mises à jour.

Le contrôle de concurrence sert à détecter les mises à jour conflictuelles et à les réconcilier si nécessaire. L'objectif du protocole de réconciliation est de proposer la « meilleure solution » lorsqu'un conflit est détecté. Le résultat, dépendant du niveau de cohérence souhaité, est choisi grâce à un ensemble de métadonnées qui est fourni avec les données et les évolutions.

Les sessions de mise à jour sont quant à elles utilisées pour limiter les actions (défaire-refaire les opérations lorsqu'un nouveau conflit est détecté) sur les données de l'utilisateur et pour avoir des états du jeu de données stables à des instants particuliers.

Outre le fait que les besoins de l'utilisateur final sont considérés, cette approche présente deux avantages principaux. Premièrement, elle permet de détecter et de résoudre les conflits provoqués par la mise à jour multiple d'un même objet du monde réel avant toute intégration dans le jeu de données cible. Deuxièmement, elle permet de prévenir les incohérences entre les entités du jeu de données (recouvrement inter-thèmes, intersections) causées par la mise à jour d'objets dans des contextes distincts et avec des qualités et des niveaux de détails différents.

Laboratoire LAREG

Le projet TIGA : comment le GPS permet de ré-estimer la montée du niveau de la mer

Marie-Noëlle Bouin, Guy Wöppelmann, Belen Martin-Miguez & Zuheir Altamimi

Les variations séculaires du niveau de la mer ont dépassé le cadre de la recherche en marégraphie pour arriver dans la sphère publique, dans le contexte du changement global. Pourtant, la communauté de la marégraphie et de l'océanographie spatiale a, jusqu'à présent, du mal à s'accorder sur une valeur : les marégraphes côtiers fournissent des séries temporelles continues et longues (plus d'un siècle, dans le meilleur des cas), mais cela concerne des variations relatives par rapport à la côte et on ne peut exclure la présence d'un biais dû à leur situation côtière.

Depuis quinze ans, l'altimétrie spatiale fournit des valeurs mieux distribuées, dans un référentiel absolu et avec une couverture globale, mais la durée des mesures est encore trop courte pour prendre en compte les variations décennales et obtenir une valeur à long terme. De plus, la valeur sur laquelle la communauté s'accorde pour les cinquante à cent dernières années : 1,84 mm/an en moyenne (DOUGLAS, 2001) est trop forte pour pouvoir être expliquée par la somme des effets physiques recensés (effet thermo-stérique : 0,4 mm/an et fonte des calottes polaires : 1,0 mm/an, MITROVICA et al. (2006) et ANTONOV et al. (2005)).

Grâce au centre d'analyses GPS TIGA mis en place par le laboratoire LAREG et l'Université de la Rochelle depuis 2003, nous pouvons estimer les vitesses verticales du sol, le long des côtes, en 160 sites GPS situés à moins de 15 km des marégraphes du réseau mondial GLOSS. Nous corrigeons les variations séculaires des marégraphes de ces effets de déplacement de la côte pour obtenir les valeurs de montée du niveau de la mer dans un référentiel absolu. Nos résultats montrent une bien meilleure cohérence spatiale que dans le cas des valeurs non corrigées, ou corrigées à partir

de modèles de rebond glaciaire. La valeur moyenne ainsi obtenue sur les 160 marégraphes (1,30 mm/an) est, par ailleurs, plus proche de la somme des contributions des effets physiques (1,40 mm/an).

Analyse des séries résiduelles de hauteurs de l'ITRF2005 : les techniques de géodésie spatiale s'accordent-elles ?

Xavier Collilieux, Zuheir Altamimi & David Coulot

Pour la première fois, l'ITRF2005 a été calculé à l'aide de séries temporelles de coordonnées de stations et de paramètres de rotation de la Terre fournis par quatre techniques de géodésie spatiale : le GPS, le VLBI, la télémétrie laser sur satellite (SLR) et DORIS. Dans un premier temps, les séries temporelles de position de stations de chaque technique ont été cumulées indépendamment pour constituer quatre repères séculaires distincts.

Ils sont combinés dans un second temps à l'aide des vecteurs de rattachements obtenus par les méthodes géodésiques traditionnelles. Les résidus du premier calcul fournissent la partie non linéaire du déplacement de chaque station à la surface de la Terre, les biais globaux les affectant ayant été modélisés lors de l'estimation du repère séculaire. Nous étudions ici le contenu spectral des séries temporelles résiduelles de hauteur des techniques GPS, VLBI et SLR.

Bien que les niveaux de bruit soient différents, le signal annuel prédomine. Dans le cas du GPS, qui possède le réseau le plus dense, ce signal montre une corrélation spatiale indéniable. Celle-ci est confirmée par endroit à la fois par le SLR, et à la fois par le VLBI. Nous cherchons à connaître le degré de similitude des séries temporelles de position fournies par ces trois techniques. En effet, nous voulons comprendre si leur analyse permet de mettre en évidence certaines caractéristiques qui seraient la signature d'erreurs systématiques. Nous cherchons également à tirer des enseignements de leur analyse pour améliorer la méthodologie actuelle d'estimation de repères de référence séculaires.

Nous avons développé une méthode de comparaison de séries temporelles de coordonnées, non régulièrement échantillonnées, mais basées sur des échantillons journaliers et/ou hebdomadaires. Cette méthode repose sur une estimation par maximum de vraisemblance du coefficient de corrélation reliant les déplacements fournis par deux techniques co-localisées. Elle suppose, en outre, que les déplacements soient modélisables par une marche aléatoire.

Cette méthode a été appliquée à la comparaison des séries temporelles de hauteur des stations situées sur les sites de co-localisation. Nous montrons ainsi que les déplacements verticaux fournis par GPS et SLR s'accordent sur quelques sites de co-localisation. Un accord général de ces déplacements est par contre observé entre les techniques VLBI et GPS.

Application explicite de la condition de non-rotation à partir d'un champ de vitesses interpolé issu de l'ITRF2005

Juliette Legrand

La définition du Repère International de Référence Terrestre (ITRF) telle qu'elle est recommandée par les conventions du Service International de Rotation de la Terre et des Systèmes de Référence (IERS) nécessite d'appliquer une condition de non rotation globale (NNR) portant sur les mouvements horizontaux de la croûte terrestre afin de définir l'évolution temporelle de l'orientation de l'ITRF. Le repère NNR est défini de manière cinématique en imposant que le moment cinétique global de la croûte terrestre par rapport au repère soit nul. A ce jour, cette condition est définie implicitement par l'alignement du champ de vitesses de l'ITRF sur celui prédit par le modèle géophysique de tectonique des plaques NNR-NUVEL1A. Cependant, la présence d'un nombre important de sites dans l'ITRF2005 permet d'obtenir un modèle cinématique des plaques majeures fondé uniquement sur les données de géodésie spatiale.

La problématique de cette thèse est d'appliquer explicitement la condition NNR à partir du champ de vitesses de l'ITRF2005 uniquement. Or, l'application de la condition NNR nécessite la connaissance du champ de vitesses en tout point de la croûte terrestre, il est donc nécessaire d'interpoler le champ de vitesses sur toute la Terre. Pour cela, une méthode permettant d'interpoler un champ de vitesses horizontales a été développée. Elle est basée sur la collocation par moindres carrés.

La Terre est supposée sphérique. L'interpolation est menée plaque par plaque ; le mouvement rigide de chaque plaque étant retiré au préalable. Afin de tenir compte de la géométrie du mouvement et de définir un modèle de covariance indépendant du système de coordonnées restant valide sur de grandes zones d'études, ce sont sur les vitesses angulaires et non sur les vitesses horizontales que porte l'interpolation. Les pôles de rotation décrivant la cinématique de quinze plaques sont déterminés à partir du champ de vitesses de l'ITRF2005.

Le champ de vitesses de l'ITRF2005 est interpolé sur dix plaques ayant suffisamment de données. La rotation entre l'ITRF2005 et le repère NNR est estimée en utilisant le champ de vitesses interpolé. Enfin, la méthode développée est

également appliquée à l'interpolation du champ de vitesses du réseau GPS permanent d'EUREF dans le cadre du projet Dense European Velocity Field.

Développement et expérimentation d'un système de gravimétrie mobile

Bertrand de Saint-Jean

La connaissance du champ de pesanteur terrestre est d'une importance capitale autant en sciences fondamentales qu'appliquées. En géodésie, les mesures de la pesanteur terrestre permettent de déterminer des modèles du géoïde utilisés dans les référentiels d'altitude ou pour la réalisation de grilles de transformation des hauteurs ellipsoïdales mesurées par GPS en altitudes.

Les mesures gravimétriques peuvent être obtenues par différentes techniques mises en œuvre à terre, en mer, ou depuis l'espace. L'altimétrie satellitaire en domaine océanique (TOPEX/POSEIDON, ERS-1 ou GEOSAT) et les satellites gravimétriques (CHAMP, GRACE et GOCE) mesurent les grandes longueurs d'onde (> 100 km) du champ de gravité terrestre à l'échelle de la Terre entière. D'autre part, des mesures ponctuelles terrestres peuvent être réalisées à l'aide de gravimètres absolus tel le micro-g A10 de l'IGN, ou relatifs, tels les gravimètres LaCoste & Romberg, Scintrex CG3 et CG5 avec une résolution beaucoup plus fine de l'ordre du kilomètre.

Ces mesures ponctuelles sont alors combinées aux mesures satellitaires afin de réaliser des modèles globaux du champ de gravité terrestre tel EGM96 dont la résolution atteint 55 km (demi-longueur d'onde). Il subsiste cependant toute une gamme de longueurs d'onde comprises entre 10 et 100 km qui n'est couverte, ni par les mesures spatiales, ni pas les mesures terrestres.

De plus, un certain nombre de régions difficiles d'accès telles les chaînes de montagnes, les déserts, les forêts tropicales, les marges continentales, voire dangereuses telles les volcans sont complètement vierges de toute mesure gravimétrique. De telles lacunes altèrent en particulier la précision et la résolution des modèles de géoïde sur les zones concernées, notamment les régions côtières. Les difficultés de réalisation de tels levés par des techniques classiques, notamment le temps d'acquisition des mesures et leur coût, ont donc suscité de nouvelles recherches pour le développement de systèmes de mesure gravimétriques embarqués à bord de toutes sortes de véhicules (voitures, bateaux, avions, voire drones) et destinés à combler ces lacunes.

Au cours de cet exposé, nous présenterons le système de gravimétrie mobile développé au laboratoire LAREG en collaboration avec l'École Supérieure des Géomètres et Topographes et le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Après un bref rappel des équations fondamentales de la gravimétrie mobile, nous décrivons les éléments constitutifs de ce système, en particulier, les accéléromètres et les récepteurs GPS destinés au positionnement et à la détermination de l'attitude du véhicule porteur. Puis, nous décrivons les opérations de calibration en laboratoire et les essais sur le terrain que nous avons réalisés avec le système. Enfin, nous expliquerons les principes d'une nouvelle méthode de traitement combiné des mesures accélérométriques et GPS basée sur le filtre de Kalman.

Combinaison de techniques de géodésie spatiale. Contributions aux réalisations des systèmes de référence et à la détermination de la rotation de la Terre

Arnaud Pollet

Ce travail de thèse se situe à la suite de travaux déjà réalisés par le Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale (GRGS) dans le cadre du Centre de Recherche sur les Combinaisons (CRC).

En effet, pour déterminer les repères de référence terrestres et les paramètres d'orientation de la Terre (EOP), on combine les techniques de géodésie spatiale que sont GPS, SLR, VLBI et DORIS. Pour ce faire, soit on réalise la combinaison de ces techniques au niveau de solutions « individuelles » de positions de stations et d'EOPS (méthode utilisée par exemple pour calculer l'ITRF2000, repère de référence international), soit on réalise directement celle-ci au niveau des observations. C'est cette méthode qui est étudiée actuellement au CRC. Cependant, les résultats actuels présentent des imperfections notamment en ce qui concerne le système de référence terrestre. En effet, on a pu constater que chaque technique réalisait son propre système de référence au sein même de la combinaison, ce qui pose le problème de la définition correcte du repère combiné. De plus, il n'y a que peu de paramètres communs à l'heure actuelle dans les combinaisons, les rattachements locaux souffrant de ce problème de référencement.

L'objectif du travail à réaliser est donc multiple. Dans un premier temps, il faudra régler ce problème de référencement en s'inspirant de la méthode utilisée pour la détermination de l'ITRF. Ensuite, il faudra étudier d'autres paramètres communs envisageables comme, par exemple, les paramètres troposphériques, les satellites multi-techniques pour renforcer la combinaison. Une fois cela fait, on pourra étudier la possibilité de calculer également le repère de référence céleste, les premières harmoniques du champ de pesanteur, voire, si le temps le permet, l'étude de l'impact de GALILEO sur la combinaison.

MicMac, un logiciel pour la mise en correspondance automatique dans le contexte géographique

Marc Pierrot Deseilligny

Le calcul automatique de correspondances entre deux images semblables est un problème qui intervient, sous de nombreuses modalités, dans le traitement géométrique des images. C'est notamment le cas dans le domaine de la cartographie où l'image n'a de valeur qu'à partir du moment où l'on peut géo-référencer les informations qu'elle contient.

Pour chaque problème de mise en correspondance rencontré à l'IGN, il existe une solution opérationnelle *ad hoc* en œuvre mais, compte tenu de la diversité apparente des problèmes, il n'existe pas d'approche unique. Dans le contexte de soutien à la recherche en traitement d'images à l'IGN, a émergé le besoin d'un outil fournissant une solution générale aux principales applications cartographiques de mise en correspondance. L'objectif du logiciel *MicMac* est donc de fournir une solution unifiée permettant de répondre à la majorité de ces problèmes. La stratégie générale utilisée par *MicMac* est la suivante : approche multi-résolution et, à une résolution donnée, approche par minimisation d'une fonction d'énergie combinant attache aux données et connaissances *a priori* sur la régularité. Au-delà de ces caractéristiques générales, un système de paramétrage par fichier xml permet d'offrir à l'utilisateur un contrôle fin de l'ensemble du processus de mise en correspondance.

L'utilisateur peut notamment contrôler à chaque niveau de résolution le type d'algorithme utilisé et l'ensemble de ses paramètres. Moyennant un paramétrage adéquat, *MicMac* a notamment pu être utilisé pour la résolution des problèmes de mise en correspondance suivants :

- calcul de modèles numériques d'élévation à partir d'images aériennes à haute résolution ;
- calcul de modèles numériques de terrain à partir d'images satellites ;
- calcul de points de liaisons dans l'aéro-triangulation ;
- calcul de points homologues pour la superposition d'images multi canaux.

Pour chacun de ces problèmes, les solutions obtenues sont de qualité équivalente à celles obtenues par les méthodes *ad hoc*. Les principales limitations de *MicMac* sont la complexité du paramétrage et, pour certaines applications, la rapidité d'exécution. Ces limitations peuvent rendre difficile certaines utilisations opérationnelles de *MicMac* mais ne sont pas bloquants dans un cadre de recherche où les critères prioritaires sont la généralité d'utilisation et la qualité des solutions.

Reconstruction de marquages routiers à partir d'images terrestres

Bahman Soheilian

Le laboratoire MATIS a développé un système de cartographie mobile nommé « Stereopolis ». Ce système permet l'acquisition d'images géoréférencées en milieu urbain. Généralement, le positionnement de ce type de système est assuré par GPS/INS, mais on est régulièrement confronté à des problèmes de masques et de multi-trajets en milieu urbain dense. Dans ce cadre notre stratégie consiste à reconstruire en 3D des marquages routiers à partir d'images aériennes géoréférencées et d'images acquises par Stereopolis.

On apparie alors les marquages extraits en aérien et en terrestre. On présente dans cet exposé la méthode développée pour la reconstruction entièrement automatique de passages piétons et de lignes blanches à partir de couples d'images stéréoscopiques terrestres.

La méthode comporte trois étapes principales :

1. appariement et reconstruction 3D de contours par programmation dynamique ;
2. détection des bords de marquages parmi les contours 3D ;
3. modélisation fine de bandes de marquages par un parallélogramme.

Les marquages sont régis par des spécifications très contraignantes. Leur forme et leur taille sont normalisées, ce qui facilite les étapes 2 et 3.

On présente enfin les résultats et les évaluations de cette méthode sur 150 couples d'images.

Reconstruction automatique de Modèle Numérique de Terrain à partir de Modèle Numérique de Surface de corrélation. Application à la détection de changement

Nicolas Champion

La plupart des Bases de Données géographiques sont aujourd'hui constituées. La majeure partie des efforts réside désormais dans leur mise à jour. Ce travail est d'autant plus fastidieux qu'il est effectué, jusqu'à maintenant, de manière manuelle.

De nombreuses recherches sont menées actuellement, dans le but de mettre au point un processus semi-automatique d'aide à la mise à jour de ces Bases de Données. Dans un tel processus, les changements (mises à jour) potentiels (nouveaux/anciens bâtiments...) sont détectés par l'algorithme à partir de données images (images aériennes, satellitaires, LIDAR, radar...) et proposés à un opérateur humain qui les valide ou non. Dans un tel contexte, le laboratoire MATIS s'intéresse à la mise à jour de la couche « bâtiments » de la BD parcellaire à partir d'images aériennes à 20 cm. La solution présentée ici s'appuie essentiellement sur le MNE calculé à partir de ces données (MICMAC) et scinde le problème en deux étapes.

La première étape consiste à valider (ou invalider) les bâtiments présents dans la Base de Données : dans un premier temps, la consistance de ces bâtiments est mesurée à partir de mesures extraites des données en entrée. Dans un second temps, ces mesures de consistance sont utilisées dans un module de décision pour détecter les changements (bâtiments détruits, modifiés ou incohérents géométriquement).

La seconde étape consiste à détecter les nouveaux bâtiments. Pour ce faire, un MNT est automatiquement dérivé du MNE et d'un masque de sursol, composé d'un masque de bâtiments (issue de la Base de Données à mettre à jour) et d'un masque de végétation haute (issue des images aériennes). Un MNE « normalisé », qui donne la hauteur de chaque objet de la scène, est dès lors calculé et un masque de sursol en est dérivé. Les nouveaux bâtiments sont alors détectés, par comparaison morphologique de ce dernier masque avec le masque de sursol en entrée.

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

L'Action de recherche LASER : premiers résultats et perspectives

Frédéric Bretar, Clément Mallet, Adrien Chauve & Nicolas David

Les données altimétriques acquises à partir d'un laser aéroporté font l'objet de recherches actives depuis quelques années au laboratoire MATIS, d'un double point de vue méthodologique et opérationnel. Le premier axe de recherche concerne l'étude du couplage de ces données altimétriques avec les données photogrammétriques. A ce titre, nous présenterons quelques résultats de recherche concernant la classification automatique de nuages de points 3D, ainsi qu'une analyse plus précise du milieu urbain, notamment le recalage laser/image, puis l'extraction de primitives planes pour la reconstruction 3D de bâtiments.

Ces résultats de recherche ont été utilisés de manière plus opérationnelle en répondant à une étude issue du projet Litto3D IGN/SHOM. Nous présenterons les outils mis en place ainsi que les résultats auxquels nous sommes parvenus. De nouveaux capteurs laser permettent d'enregistrer de manière quasi-continue la réponse d'une onde laser le long d'une fenêtre temporelle. Deux projets de recherche sont en cours pour analyser ces nouvelles données dites « full waveform », le premier en milieu urbain, le second en milieu forestier.

Les objectifs de ces projets et d'apporter des informations supplémentaires à la simple description altimétrique des paysages en étudiant la forme de l'onde retour, caractéristique de la géométrie et de la réflectance des objets rencontrés.