

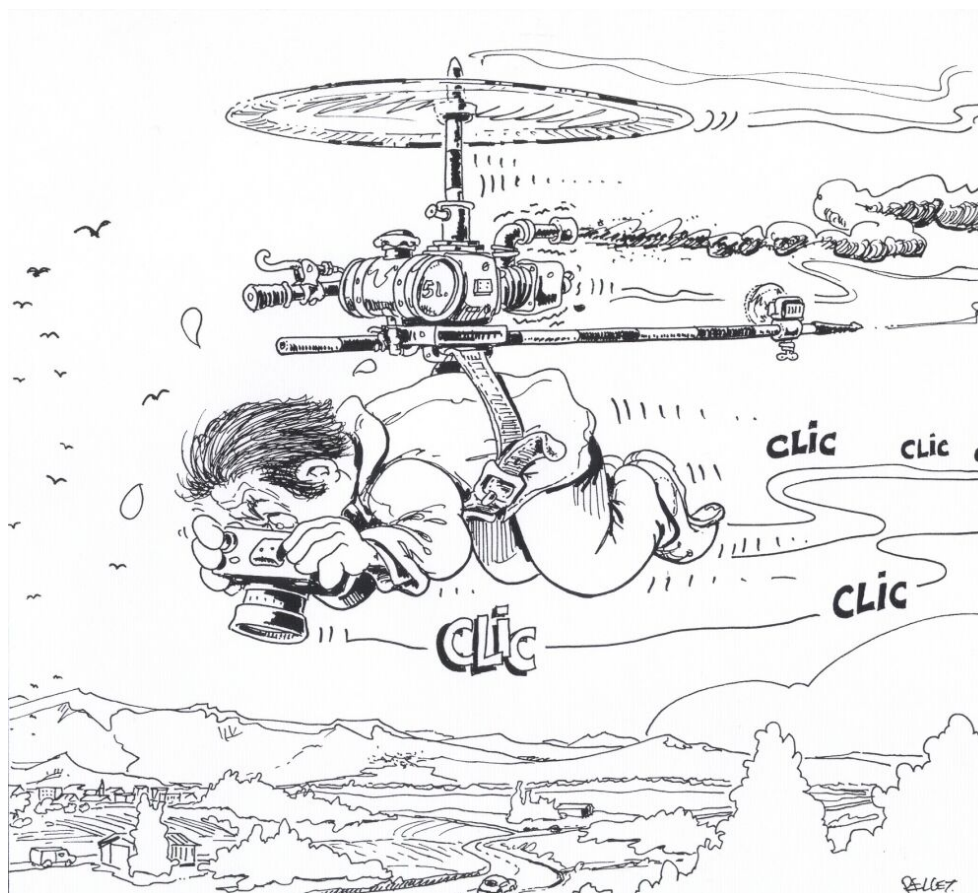
Bulletin d'information

Ingénieurs Géomètres de Suisse Occidentale



N ° 11

Septembre 2005



EDITORIAL

Les techniques d'acquisition en géomatique ont évolué rapidement depuis quelques années, notamment grâce à l'introduction de la localisation par satellites. La détermination des coordonnées d'un lieu est presque devenue une opération banale, alors que la description des objets avec leur topologie et leurs attributs s'est complexifiée.

Dans cette optique, swisstopo prend un tournant important avec son nouveau modèle topographique du paysage qui place la création de la base de données topographique avant la production de la carte nationale. L'acquisition massive de données numériques sur le territoire a recours à des technologies efficaces pour localiser et décrire les différents objets topographiques. Parmi ces méthodes, on peut citer la photogrammétrie numérique, le laser aéroporté, le GPS en temps réel et les capteurs inertiels. Ces technologies sont étroitement liées aux progrès de la localisation et de l'acquisition d'images. On définit ainsi la cartographie mobile ou le mobile mapping comme la méthode qui associe le

SOMMAIRE

- **Editorial**
Les techniques d'acquisition en géomatique
- **Photobus**
Mobile mapping au service de la route
- **Helimap**
Imagerie numérique et Lidar pour la cartographie héliportée des petites surfaces
- **EPFL « Research Day Nav »**
Compte rendu de la journée du 22 juin 2005
- **Notes de lecture**

• Rédaction : N. Chappuis,
M. Azouzi, P. Droz, R. Durussel

Adresse :

- Secrétariat IGSO
2, route du Lac - Paudex
Case postale 1215
1001 Lausanne
- Tél : 021/ 796.33.43/00
- Fax : 021/ 796.33.52/11
- Email : igso@centrepatronal.ch
- Illustration 1^{re} page : Pellet

géoréférencement direct à des capteurs d'images (CCD, CMOS), radar ou laser.

Dans cette édition du bulletin IGSO, le laboratoire de Topométrie de l'EPFL présente deux développements en « mobile mapping » : un outil pour le lever routier **Photobus** et un système de cartographie héliporté **Helimap**. Dans ces projets, l'accent est mis sur l'évaluation de la qualité d'une position dans l'espace.

Le 22 juin 2005, le laboratoire de Topométrie, associé à l'Institut suisse de navigation (ION-CH) et à l'IGSO, a organisé un séminaire sur le « mobile mapping » qui s'est déroulé à l'EPFL. Un résumé de cette journée est publié dans ce bulletin.

Pierre-Yves Gilliéron, Bertrand Merminod,
Laboratoire de topométrie, EPFL, 1015 Lausanne

-----<<<<<< >>>>>-----

Photobus : mobile mapping au service de la route

Introduction

Le développement de la télématique des transports routiers réclame une gestion sans cesse croissante de données rattachées à l'infrastructure routière. En Suisse, ces informations sont réparties dans diverses bases de données géographiques. Plus spécifiquement, on retrouve des données localisées dans un système de coordonnées curvilinéaires qui répertorient les caractéristiques des

Contexte

Les bases de données routières utilisent couramment un système de référence linéaire (SRL) décrivant les objets d'intérêt selon leur abscisse curviligne et leur décalage latéral par rapport à l'axe de la route. En Suisse, un SRL est directement matérialisé sur la route, avec une origine par axe de route et une série de marques repères peintes chaque kilomètre à même le revêtement (principe implémenté dans la base de données STRADA-DB). Ce principe est décrit dans les normes établies par l'association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS). Or, la plupart des informations géographiques sont collectées et consultées au moyen de coordonnées nationales. La relation d'un SRL avec le système cartésien des

éléments constitutifs des voies de circulation, ainsi que tous les événements et activités qui influent sur l'entretien et l'exploitation des routes. Des systèmes de lever mobile peuvent acquérir ces informations, en offrant un gain sensible de productivité grâce à la combinaison d'outils de localisation, d'imagerie et de scannage. Le présent article expose le principe de la plate-forme de « mobile mapping » mise au point par le Laboratoire de Topométrie de l'EPFL. coordonnées nationales s'effectue au travers des éléments constituant le système linéaire, en s'appuyant sur la géométrie des axes de route.

La télédétection satellitaire et la photogrammétrie aérienne sont deux méthodes autorisant une extraction des axes routiers à coût raisonnable. La première est associée à une précision insuffisante pour beaucoup d'applications, tandis que la seconde ne propose, avec ses champs de vue verticaux, qu'une information partielle. Par ailleurs, les gestionnaires de données routières ont besoin d'un outil proche de la route, ne serait-ce que pour évaluer la qualité du revêtement de la chaussée.

Le laboratoire de Topométrie a donc mis en œuvre des recherches sur une approche cinématique du lever routier (Figure 1). Notre système exploite le

concept de géoréférencement direct, à savoir la définition immédiate des paramètres d'orientation de la caméra, en associant des capteurs de localisation à une caméra numérique, le tout embarqué

dans un véhicule spécialement aménagé. La détermination de la position de l'axe de la route résulte de la combinaison de la trajectoire du véhicule avec les coordonnées image de cet axe [2].

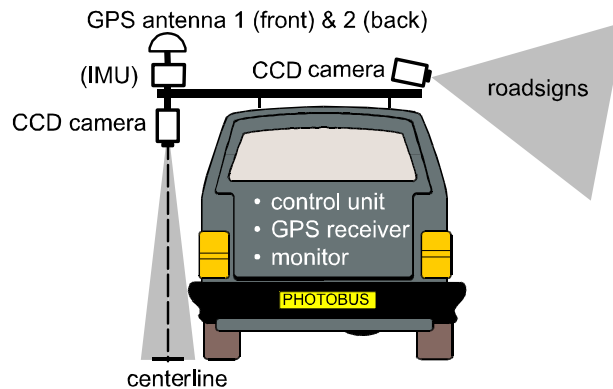


Figure 1 : le système Photobus

Conception du système

Capteurs de localisation

Toute application de trajectographie précise à dynamique rapide nécessite des récepteurs GPS performants dans la réacquisition du signal après perte. Les récepteurs bifréquence Javad Legacy GD, avec leur capacité d'acquisition à 10 Hz, répondent à de telles attentes. Pour assurer une utilisation du système dans des zones de faible visibilité GPS, une centrale inertielle à fibre optique (IMU) Litton LN 200 permet d'obtenir des positions et orientations des capteurs d'imagerie avec une précision et une cadence suffisantes.

Capteur vidéo

La caméra Sony XC-55 est un dispositif d'imagerie à transfert de charge qui capture les images à un rythme d'approximativement 20 Hz. Elle utilise des pixels carrés de $7.4 \mu\text{m} \times 7.4 \mu\text{m}$, ce qui élimine la nécessité d'appliquer certaines corrections de distorsion. Mais le plus important est la technologie à balayage progressif dont elle dispose (tous les pixels d'une image sont saisis en même temps). Il est ainsi aisé d'associer une date GPS à cette capture d'image.

Cependant, la saturation aisée des pixels CCD en présence de zones d'ombre et de lumière sur une même image nous ont récemment conduits à investiguer sur l'utilisation de caméras CMOS dont la sensibilité à la lumière est logarithmique [1].

Synchronisation des données

La sélection du matériel a porté sur son aptitude à échanger des signaux TTL (Transistor to Transistor Logic) capables de transmettre des flux de données en 10 μs . Un récepteur GPS Legacy GD déclenche la capture de prise de vue par la caméra via des impulsions émises par son port PPS (*Pulse per second*), ce qui autorise un géoréférencement de la vidéo capturée.

Calibrage du système

Le rôle du géoréférencement d'image est d'attribuer à chaque pixel des coordonnées dans un système de référence global. Il est pratique de diviser ce processus en deux parties. Lier les pixels au cadre de coordonnées du véhicule, puis lier le cadre véhicule au système de référence global. Une explication pour cette distinction : les paramètres de transformation pour la 1^{ère} liaison sont considérés comme statiques

(constant pour une installation du système) tandis que les paramètres de la seconde évoluent dans le temps.

1^{ère} étape : le calibrage de la distorsion de l'image fait appel à une feuille d'un double format A0 sur laquelle est imprimé un réseau composé de cibles espacées de 10cm, d'où une excellente portabilité du système. Les expérimentations montrent que l'étalonnage de la distorsion de l'image est considérablement simplifié par la verticalité de la caméra et l'hypothèse de planéité de la route, conduisant à un facteur d'échelle constant entre les espaces image et objet. Ainsi, des distorsions compliquées sont modélisables en divisant l'image en zones réduites auxquelles sont assignés leurs propres paramètres de transformation (méthode des éléments finis). **2^{ème} étape :** puisque l'espace objet est un plan de dimensions limitées, le calibrage s'effectue d'une seule traite à partir d'une image affichant le réseau de cibles de coordonnées connues. La figure 2 illustre le principe de redressement d'image complet par transformation affine. En pratique, seuls les pixels intéressants seront traités pour une meilleure réactivité du système. Il est suffisant d'accomplir une localisation GPS relative entre les antennes du véhicule et deux points du maillage. Les cibles du plan de calibrage sont automatiquement détectées et associées à des coordonnées métriques grâce à nos algorithmes.



Figure 2 : Principe de calibrage du système Photobus

Géoréférencement de l'image

Le système de référence global est WGS84 (la relation entre ce système de référence et des systèmes locaux sont généralement bien connus). Plutôt que de déterminer directement une transformation du cadre de référence propre au véhicule vers le référentiel WGS84, une étape intermédiaire utilise le cadre de niveau local ou référentiel topocentrique, couramment utilisé dans la navigation inertielle.

Les origines des cadres du véhicule et de niveau local sont tous les deux au centre de l'antenne GPS avant. Ainsi, seule la rotation entre le cadre du véhicule et le cadre de niveau local reste inconnue une fois la position de l'antenne établie par GPS différentiel. Cette rotation est déterminée à chaque instant par le vecteur reliant les antennes avant et arrière du véhicule.

Le basculement latéral du véhicule n'est pas mesuré et supposé nul. Cette hypothèse est raisonnable en considérant la faible distance entre la caméra et les informations routières, mais aussi en raison du tracé de route qui n'autorise qu'une inclinaison latérale de quelques degrés. Dans le pire des cas, l'erreur induite par cette hypothèse est subpixelaire.

Mise en œuvre et résultats

Extraction des données routières

La mise en œuvre d'un tel système de mobile mapping passe par la conception d'un algorithme de recherche automatique de l'axe de la route et des marques repères. Sachant que l'image capturée présente la route dans le sens vertical, les pixels qui appartiennent à une marque ont une luminosité plus élevée que leurs voisins de gauche et de droite à une distance horizontale donnée, l'identification de la couleur blanche de l'axe central est aisée. Cependant, l'ombre peut modifier le contraste de la ligne centrale, si bien que la valeur de ses pixels s'apparente à ceux de la surface de la route. Il faut donc mettre en œuvre une stratégie d'extraction de l'information peu

sensible à des conditions d'éclairage différentes, des variations d'apparence, voire simplement de l'altération de la peinture.

Résultats

Le système Photobus a fait l'objet de tests sur plusieurs routes en suisse romande. Parmi ces essais, nous présentons la restitution de 40 km de route rurale ou périurbaine entre Orbe et Moudon (Figure 3) réalisée pour le service des routes du Canton de Vaud. L'erreur moyenne (1 sigma) de la position absolue planimétrique est d'environ 12 cm. Il s'agit d'un niveau de précision prometteur pour des applications pointues, comme la transformation de coordonnées mesurées par GPS-RTK dans le SRL. Cependant, quelques sections caractérisées par des écarts-types supérieurs à 50 cm apparaissent encore. Cela est dû à une longue indisponibilité du signal GPS qui engendre une accumulation des erreurs liées à la localisation inertielle.

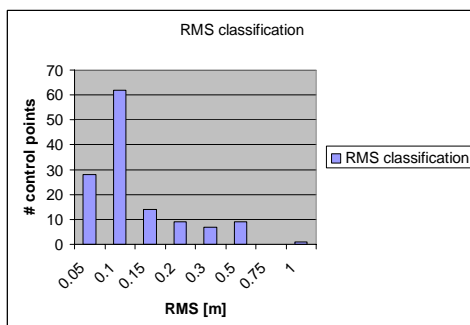


Figure 3 : Analyse qualité sur 40 km de route

Conclusion

Cette technique monoscopique simple et économique suffit à restituer le tracé routier avec une précision sub-décimétrique. Cependant, l'extraction des éléments d'intérêt de l'imagerie vidéo demande encore un traitement manuel important, et le contrôle qualité du système de mobile mapping reste tributaire du post-traitement. Idéalement, l'implémentation d'un traitement temps réel des données capturées par le système Photobus vise à limiter l'intervention humaine à la seule collecte des données sur le terrain. Tel est l'un des sujets de recherche mené au Laboratoire de Topométrie, qui repose sur la fusion automatique des informations de localisation et d'images, sous forte contrainte temporelle [4]. A noter que le principe de lever de l'axe de route peut être étendu à d'autres objets routiers comme le mobilier urbain et les panneaux de signalisation.

Hervé Gontran,
 Pierre-Yves Gilliéron,
 Jan Skaloud
herve.gontran@epfl.ch,
pierre-yves.gillieron@epfl.ch
jan.skaloud@epfl.ch

Laboratoire de topométrie,
 EPFL, 1015 Lausanne

Bibliographie

- [1] Fossum, E., 1997. *CMOS Image Sensors: Electronic Camera-On-a-Chip*, IEEE transactions on electron devices, Volume 44, No. 10, October.
- [2] Gilliéron, P.-Y, Skaloud, J., Merminod, B., Brugger, D. 2001. *Development of a Low-Cost Mobile Mapping System for Road Database Management*, Symposium on mobile mapping technology, le Caire, Egypte, 3-5 janvier.
- [3] Gontran, H., Skaloud, J., Gilliéron, P.-Y., 2004. *Photobus, Towards Real-Time Mapping*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Istanbul, Vol. XXXV, Part B, Commission 5.

Helimap : Imagerie numérique et Lidar pour la cartographie héliportée des petites surfaces

1. Introduction

Au cours de cette dernière décennie, les nouvelles technologies ont fait irruption sur le marché de la cartographie aéroportée (Lidar, Caméra numérique, GPS/INS...) révolutionnant alors le monde de la photogrammétrie classique. Depuis quelques années, plusieurs systèmes commerciaux, en général très onéreux, sont disponibles et concernent principalement le traitement de moyennes et grandes surfaces (canton, pays). Le traitement de petites surfaces n'est ni rentable ni adapté à la technologie.

Le système Helimap a pour objectif de proposer ces nouvelles techniques pour la cartographie de haute précision de petites zones (<1000 ha) et ce, y compris dans des reliefs difficiles (montagnes, falaises...) (Figure 1).

Développé à l'origine pour la détermination de volume de neige sur des sites avalanches de l'institut Fédéral pour l'Etude de la Neige et des Avalanches (SLF), Helimap est né dans les laboratoires de photogrammétrie et de topométrie de l'EPFL [2]. L'objectif était de cartographier sans signalisation au sol, des petites surfaces inaccessibles (relief accidenté, zones dangereuses), avec une précision de 10-20cm, avec un préavis de quelques heures seulement. A l'origine, il s'agissait d'un système photogrammétrique portable à la main, intégrant GPS et système inertiel. Depuis 2004, Helimap s'est enrichi d'un scanner laser (Lidar). Début 2005, le système est disponible pour des tâches de production en collaboration avec la société Ulrich, Wiesmann + Rolle SA.

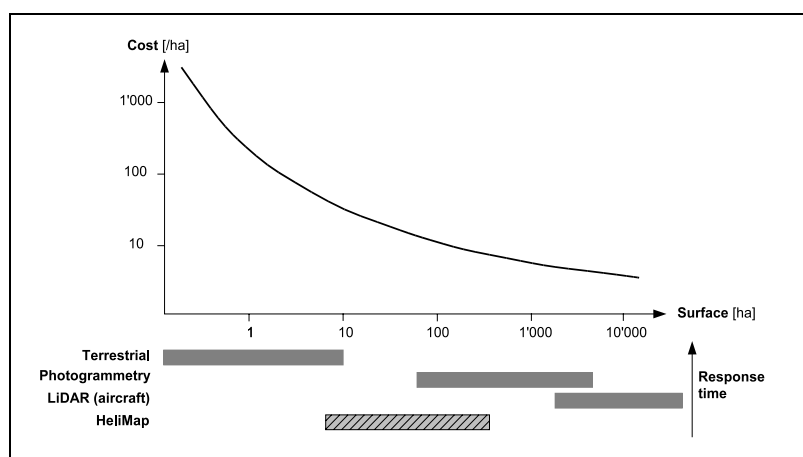


Figure 1: Les différentes techniques de cartographie représentées selon le rapport unité de coût/surface/temps de réponse.

2. Description du système

Le concept

La conception du système repose sur 5 points clefs :

- ◆ Obtenir une précision de cartographie uniforme de 10-20cm quelle que soit la pente : la précision de cartographie de tout système aéroporté (photogrammétrie, Lidar) en mode classique (visée verticale) se dégrade avec l'augmentation de la pente. Pour palier à cet inconvénient, il faut positionner le système de manière à compenser l'effet de la pente et de travailler ainsi comme face à un terrain plat. Le fait de pouvoir porter le système à la main permet d'orienter le système librement en fonction du terrain rencontré.
- ◆ Eviter la signalisation de points au sol : grâce à l'utilisation du géoréférencement direct par GPS/INS, la détermination et la matérialisation de points d'ajustage n'est plus nécessaire.
- ◆ Eviter les phases de calibrations : les montages classiques considèrent les capteurs séparément (GPS, Camera-INS, Lidar-INS). Lors de chaque installation et

désinstallation, il faut calibrer le système, i.e. déterminer les différentes grandeurs liées au montage (distances entre capteurs, rotation). Pour s'affranchir de ces tâches, tous les capteurs doivent être montés sur un seul bloc. Une calibration unique est alors nécessaire.

- ◆ Avoir un système souple d'utilisation et rapide à mettre en œuvre : la plupart des systèmes commerciaux requièrent une installation complexe dans l'aéronef. En évitant toute fixation solidaire de l'hélicoptère, le système est opérationnel en moins d'une heure, et permet d'utiliser plusieurs types d'hélicoptères.
- ◆ Fournir un résultat rapidement : grâce à l'utilisation du Lidar, la phase de restitution photogramétrique, la plus critique du point de vue du temps de traitement, est supprimée. Il est alors concevable de fournir un modèle numérique de terrain/surface quelques jours voire quelques heures après la mission.



Figure 2: Le système Helimap et ses composants, son montage sur une Alouette III.

Les composants

Le système Helimap se compose de quatre capteurs et d'un module d'acquisition:

- ◆ **Imagerie :** caméra numérique Hasselblad H1 avec dos numérique 22 Mpixels (5440x4080 pixels) et une focale de 35 mm (grand angle).
- ◆ **Lidar :** scanner Laser Riegl LMS Q240 permettant de mesurer 10'000 points par seconde avec un angle de balayage de 60°, quasi équivalent au champ de vue de la caméra (56°). Selon la couverture du sol, la mesure peut s'effectuer jusqu'à une distance de 300m à 400m et la densité de points au sol est supérieure à 1pt/m².
- ◆ **GPS :** récepteur Javad Legacy GD bi fréquence L1/L2 de type géodésique, mesurant la position (phase

relative) à une fréquence de 5Hz.

- ◆ **INS :** unité de mesure inertielle Litton LN-200 permettant de mesurer les angles d'orientation du système à une fréquence de 400 Hz.

Les quatre capteurs sont montés en seul bloc compact, portable à la main (12 kg) et opérable depuis un hélicoptère (Figure 2). Le système est modulaire dans son mode de fonctionnement (photogrammétrie, Lidar, lidar+photogrammétrie).

Le module d'acquisition se compose d'interfaces matérielles et de PC portables permettant le stockage, la synchronisation des données ainsi que la gestion du vol (navigation du pilote).

3. Performance

La réalisation de nombreux tests pilotes et projets avec le système Helimap dans tous les modes opératoires possibles (Photogrammétrie, Lidar) a permis

d'évaluer de manière fiable la performance du système.

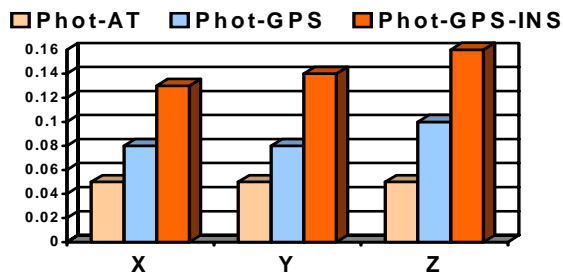
Cette dernière peut être qualifiée selon 3 aspects :

- ◆ Imagerie : le gain apporté par la qualité de l'image numérique par rapport au film (bruit moindre, image plus nette) permet de réduire l'échelle des clichés d'un facteur 2 sans perte de qualité [1].
- ◆ Précision photogrammétrique : trois modes de mesure ont été éprouvés : aérotriangulation classique (avec point

d'ajustage), aérotriangulation avec GPS sans point d'ajustage et géoréférencement direct (GPS/INS). La précision de cartographie au sol par restitution sur les clichés est illustrée par la figure 3.

- ◆ Précision du Lidar : La précision du Lidar a été déterminée selon trois points : précision interne (bruit), précision relative (entre 2 passages successifs) et précision absolue (Figure 3).

Précision Photogrammétrique Helimap
Echelle 1:10'000 [m]



Précision Lidar
vol 200m sur sol

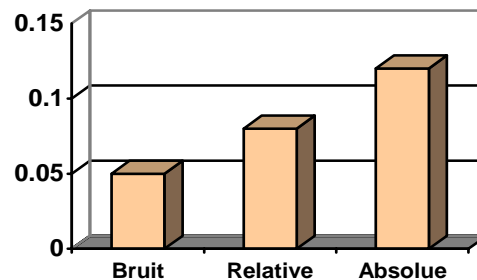


Figure 3 : Précision de cartographie du système Helimap (Photogrammétrie/Lidar)

4. Domaines d'application

Comme le montre la figure 1, Helimap est principalement conçu pour traiter des surfaces inférieures à environ 1000-1500 ha ou à 50-60 km pour des éléments linéaires. Helimap peut être également utilisé pour des très petites surfaces (1 ha) lorsque l'accès pose problème (falaise, couloir, zone de glissement,...).

Le Lidar permet également de cartographier sous la végétation (dépend de la densité du couvert) avec une efficacité bien supérieure à la photogrammétrie (Figure 4).

Le système Helimap est particulièrement bien adapté pour les domaines suivants:

- Cartographie générale : modèle numérique de terrain et de surface de précision, orthophoto haute résolution (pixel ~10cm).
- Dangers naturels : éboulements, glissements de terrain, inondations, avalanches, laves torrentielles...
- Glaciologie : suivi de petits/moyen appareils glaciaires, surveillance, bilan volumique...
- Infrastructures et objets linéaires (max 50-60 km) : Voie ferrée, route, autoroute, lignes électriques, rivières, côtes, ... (Figure 4)
- Gravières et mines à ciel ouvert : mesure de volume extrait.

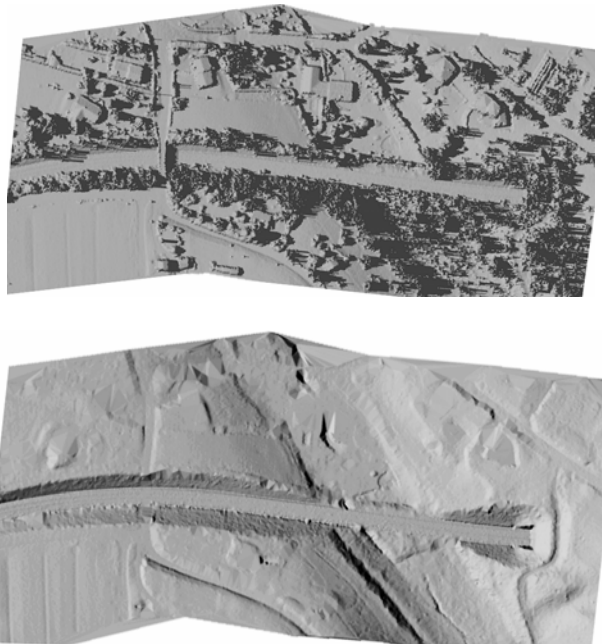


Figure 4 : Modèle numérique de surface / terrain d'une voie ferrée levé avec Helimap (Lyon)

Helimap n'est pas un système figé mais fait l'objet d'une évolution permanente. Actuellement, les efforts se portent sur l'automatisation du traitement et certaines fonctionnalités temps réel pour la gestion de la qualité des données en vol.

Julien Vallet *, Jan Skaloud **
vallet@uwrsa.ch, jan.skaloud@epfl.ch

*Ulrich, Wiesmann + Rolle SA
8832 Wollerau

**Laboratoire de topométrie
EPFL, 1015 Lausanne

Bibliographie

[1] Vallet J., Skaloud J. (2004) Development and Experiences with A Fully-Digital Handheld Mapping System Operated From A Helicopter, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Istanbul, Vol. XXXV, Part B, Commission 5.

[2] Vallet J. (2002) Saisie de la couverture neigeuse de sites avalancheux par des techniques aéroportées. Thèse EPFL N° 2610.

« Research Day Nav » MOBILE MAPPING

22 juin 2005, Lausanne, Suisse

Compte rendu de la manifestation

L'édition 2005 du « Research Day Nav », s'est déroulée le 22 juin 2005 à l'EPFL et a permis de réunir les personnes intéressées par les derniers développements en mobile mapping. Cette édition a été organisée conjointement avec l'Institut suisse de navigation (ION-CH) et les Ingénieurs géomètres de suisse occidentale (IGSO). Cette manifestation a réuni une cinquantaine de personnes des administrations, du secteur privé et du domaine de la recherche.

La Présidente de l'IGSO, Mme Inès Sancho Dupraz, a ouvert la manifestation avec un message d'encouragement à s'intéresser à ces nouvelles technologies qui ouvrent de nouveaux horizons pour les professionnels de la géomatique.



Mme Inès Sancho Dupraz lors de l'ouverture
de la manifestation
(Photo Topométrie-EPFL)

Trois sessions ont couvert des thèmes liés aux systèmes de mobile mapping, aux technologies de mesures et aux applications. Une quinzaine d'exposés ont

été donnés par des étudiants, des chercheurs et des spécialistes des domaines concernés. Cette journée a été une excellente occasion de présenter les principes du mobile mapping, l'état de l'art de la technologie, le tout illustré par diverses applications (gestion routière, forêts, automobile).

On retiendra que ces systèmes sont d'une grande complexité technologique combinant les divers outils de la géomatique comme la localisation, l'imagerie et les systèmes d'information. Les efforts de développement se sont concentrés sur l'intégration de différents capteurs et l'automatisation d'un certain nombre de tâches, avec le souci de maintenir le meilleur niveau de qualité possible. Toutefois, le rôle de l'opérateur spécialiste reste encore prédominant lorsqu'il s'agit d'engager un tel système depuis un hélicoptère ou sur un réseau routier complexe.

Cette journée a permis de dresser les perspectives de ces nouvelles technologies, qui pour l'instant commencent à se déployer, mais qui vont se généraliser dans une multitude d'applications comme la cartographie de dangers naturels, le lever routier pour les systèmes de navigation, le suivi de grandes exploitations minières,...

L'ensemble des exposés est publié dans un recueil édité par le Laboratoire de Topométrie. Avis aux personnes intéressées.

Pierre-Yves Gilliéron
Laboratoire de topométrie,
EPFL, 1015 Lausanne

Notes de lecture : *Développement territorial suisse : Vers la « Métropole » !*

Bloqué quotidiennement dans les bouchons à l'entrée de Zurich, Genève ou Lausanne, après un rapide téléphone sur son portable pour s'excuser de son retard, qui n'a pas commencé à se poser certaines questions sur l'évolution de notre cadre de vie ? Que se passe-t-il, sommes nous devenus fous, combien coûtent à notre société ces milliers d'heures gaspillées à écouter « option musique » dans son véhicule bloqué ?

Le constat de **Michel Bassand** est implacable : la Métropole, nous y sommes déjà ! Dans un remarquable ouvrage de synthèse, l'auteur fait, de manière condensée et accessible, divers constats étayés sur son observation et son expérience, mais aussi sur des études universitaires correspondantes. Face à notre cadre de vie qui est en train de se transformer totalement, il analyse et conceptualise dans la foulée ces changements. En plus, l'ouvrage fourmille d'exemples parlants et de caractérisations sociologiques qui nous interpellent.

Les villes telles qu'elles ont été définies (10'000 habitants et plus) ont été largement remplacées par des agglomérations se fusionnant elles - mêmes dans 5 grands ensembles intercantonaux, voire transfrontaliers, les métropoles (lémanique, bâloise, bernoise, zurichoise et tessinoise)

Les transports et la mobilité ont explosé. le drame pendulaire de l'automobile est quotidien.

L'habitat des centres - villes est déserté, les « rurbains » envahissent les campagnes.

Gouverner la métropole est une vraie gageure. La politique et la structure du pouvoir sont totalement dépassées par le phénomène de métropolisation qui transgresse toutes les limites communales, cantonales ou nationales

Quelles alternatives à ses situations problématiques pertes identitaires, déficits démocratiques, inégalités sociales, crise du logement, mobilité galopante, privatisation des espaces publics, vieillissement et perte de cohésion de la population ... Michel Bassand fait diverses propositions innovantes.

La densité des constats, analyses, synthèses et propositions de l'ouvrage de Michel Bassand en fait un instrument incontournable pour les acteurs du développement territorial que sont les ingénieurs géomètres...

Dr. Raymond Durussel
Ingénieur géomètre breveté

Pour ceux qui veulent en savoir plus :
« **LA METROPOLISATION DE LA SUISSE** »
Michel Bassand. Le savoir suisse n. 21, 148 pages, avec bibliographie complète dont diverses thèses citées dans l'ouvrage.
Presses polytechniques et universitaires romandes.