



L'imagerie Géographique 3D par laser hélicoptéré, le système FLI-MAP®

Application à un levé topographique de voies ferrées pour RFF-SNCF

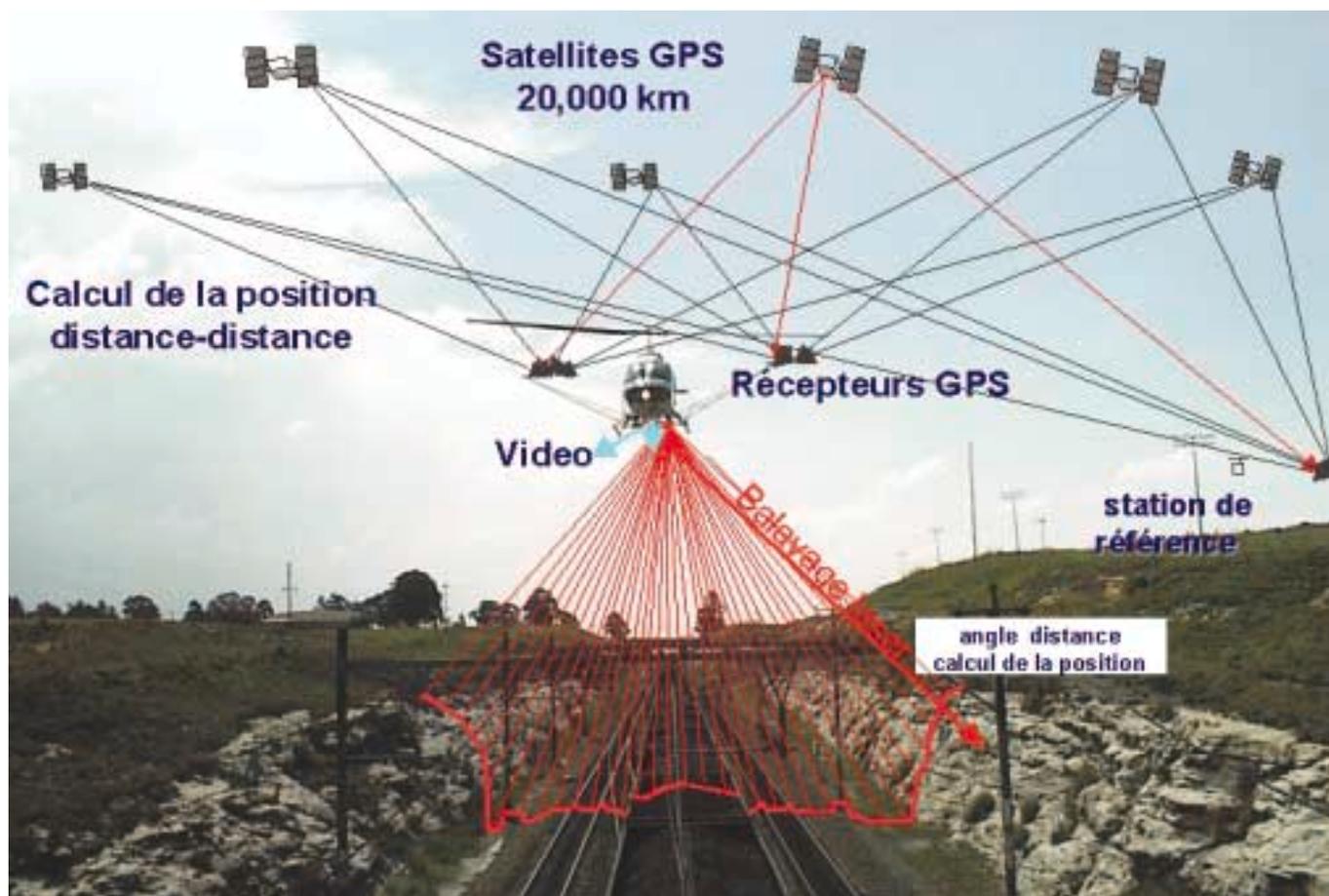
■ Richard DAMIANO responsable commercial - Thierry BORDAS chef de projet
Sylvain LACOMBE ingénieur travaux

Dans le cadre de l'étude de l'électrification de la ligne Nantes-Les Sables d'Olonne, R.F.F., maître d'ouvrage, et la SNCF, maître d'œuvre, ont confié à GEOID le levé topographique des deux voies existantes. Ces travaux ont été entièrement réalisés en 2001 à l'aide du système FLI-MAP®. L'article ci-dessous rappelle succinctement les caractéristiques du système et décrit le déroulement de l'opération.

Dans un premier temps, cinq points géodésiques espacés d'environ 20 km ont été implantés et rattachés au RGF. Pendant le vol de l'hélicoptère, un récepteur GPS centimétrique positionné sur chacun de ces points a enregistré les corrections des données satellites pour permettre le post-calcul de sa trajectoire. Les matériels de scanning laser et de vidéo numérique étaient embarqués à bord d'un Ecureuil 500. En 3 heures, l'hélicoptère a survolé, à 50 m d'altitude, hors agglomération, l'ensemble des 110 km du parcours et relevé 15 000 points/s sur une largeur au sol de 50 m. Après validation des données sur le terrain dans la nuit-même, nous avons procédé au bureau à la vectorisation d'une bande de 20 m de large au moyen du logiciel FLIP7. Sans avoir eu besoin de mettre le pied dans l'emprise ferroviaire, nous avons ainsi pu remettre au client un jeu de cartes topographiques détaillées au 1/1000, des profils en travers sur 20 m de large aux endroits indiqués par la SNCF (plans au 1/200), les fichiers AUTOCAD correspondants, les images vidéo prises depuis l'hélicoptère ainsi que le logiciel FLIP7 permettant l'exploitation des données laser et vidéo géoréférencées.

■ MOTS CLES

ALS, LIDAR, LASER
aéroporté, MNT,
MNE, Haute résolution,
Précision



Les travaux d'électrification de voies ferrées nécessitent de lever au préalable toutes les installations ferroviaires et autres détails topographiques à l'intérieur d'une bande de 20 m de largeur axée sur la plateforme. La précision demandée inférieure à 8 cm requiert traditionnellement l'intervention de brigades terrain.

Les contraintes sont nombreuses :

- danger d'intervention sur le domaine ferroviaire
- nécessité d'une protection humaine assurée par la SNCF
- coût de cette protection
- délais de réalisation

Le système FLI-MAP® offre une alternative déjà expérimentée avec succès sur des milliers de kilomètres de voies ferrées levées à l'étranger.

En Novembre 2001, pour la première fois en France, nous avons mis en œuvre cette technique pour réaliser le levé laser hélicoptère de la voie ferrée Nantes – Les Sables d'Olonne d'une longueur de 110 km.

Cette opération a été menée à l'initiative

de Mr BARROT, Chef de projet SNCF de la Direction de Nantes, en collaboration avec Mr RISCH et DANJON de la Division de Topographie – Direction de l'Ingénierie à Paris.

Cette expérience s'est montrée particulièrement concluante en permettant notamment :

- de ne pas mettre le pied dans l'emprise ferroviaire
- de ne pas perturber la circulation ferroviaire
- de ne pas mobiliser de personnel de la SNCF pour la protection (économie de 1 700 h de personnel)
- de limiter la durée d'acquisition des données sur le terrain (3 heures)
- de réduire les délais de restitution des documents (3 mois)
- de diminuer le coût global

Déroulement des opérations terrain

■ Détermination des stations de base

Le calcul de la trajectoire de l'hélicoptère nécessite la mise en place de sta-

tions de base au sol qui enregistrent les données GPS.

Nous avons positionné 5 stations le long du parcours en dehors de l'emprise ferroviaire et à proximité de repères de nivellement.

Le réseau constitué par ces 5 stations et 4 repères du RGF a été déterminé au préalable à l'aide :

- de mesures d'observations GPS bi fréquence réalisées entre ces 9 points
- de mesures de nivellement direct opérées à partir des repères de nivellement situés à proximité

Aujourd'hui, la densité des stations permanentes nous permet souvent en France d'exploiter les observations des stations de base acquises pendant le vol de l'hélicoptère pour déterminer leurs coordonnées. Le calcul s'effectue alors sur le terrain lors de la phase de validation des données laser.

■ Acquisitions sur le terrain

Le personnel terrain comprenait :

- 1 pilote de l'hélicoptère

- 1 chef de mission
- 1 navigateur qui accompagnait le pilote dans l'hélicoptère
- 2 techniciens pour valider les données
- 4 opérateurs de station de référence

L'hélicoptère a été loué sur place à Nantes. Le montage et le démontage de l'équipement ont nécessité une demi-journée chacun. Nous avons numérisé les axes de vols pour les introduire dans le système de navigation de l'hélicoptère.

En début de journée, le Chef de Mission et les 4 opérateurs ont chacun mis en place une station de base pour enregistrer les observations GPS toutes les 0.5 s.

L'hélicoptère a ensuite survolé la ligne existante à 60 m de hauteur. Le vol de l'hélicoptère a duré 3 heures.

L'acquisition se fait à l'aide de deux lasers situés sur la plate-forme du système. Chacun enregistre des points lasers à une fréquence de 15 000 points par seconde. Le balayage, réalisé à l'aide d'un miroir rotatif, couvre un corridor égal à la hauteur de vol.

Les deux lasers sont orientés de 7° vers l'avant et l'arrière de l'appareil afin de limiter les effets d'ombrage, d'augmenter la fréquence des points sous la végétation et surtout sur les éléments verticaux tels que les poteaux électriques et les caténares.

Etant donné la rapidité d'acquisition des données, nous avons pris soin de ne voler que lorsque 6 satellites minimum de la constellation GPS étaient présents sur la zone à couvrir afin de garantir la qualité des observations.

■ Calculs et validation des données

Toutes les données acquises dans la journée sont calculées durant la nuit même par les 2 personnes dédiées à cette tâche. Le planning de la journée suivante dépend du verdict délivré au cours de la nuit.

La détermination de la trajectoire de l'hélicoptère est calculée grâce aux observations GPS des stations de référence et des deux récepteurs bi fréquence embarqués dans l'appareil :

- Les dix lignes de base cinématiques sont calculées et ramenées au centre optique de chaque laser.
- La trajectoire ainsi obtenue est lissée et densifiée à 50 points/seconde grâce aux données d'accélération et de position (200 positions/seconde) des deux centrales inertielles.

La position de chaque point laser est ensuite calculé à partir des mesures d'angles et de distance du laser et de l'attitude – roulis, tangage et orientation – de l'hélicoptère mesurée par les centrales inertielles.

La validation porte sur plusieurs aspects :

- la couverture laser : Les zones à survoler doivent être levées en totalité
- la densité des points : des filtres de traitement permettent de vérifier la densité des points laser
- la précision relative : Les chevauchements de passe sont contrôlés à travers les différents fichiers laser.

Les points laser issus de différentes passes doivent avoir les mêmes coordonnées lorsqu'ils correspondent aux mêmes détails topographiques.

- la précision absolue : Les points laser qui touchent un point connu en coordonnées sont contrôlés.

A cet effet, lors de chaque vol une station de référence connue en coordonnées est survolée, calculée et vérifiée. Lors de ce dernier contrôle la station de référence calculée n'est pas utilisée dans le calcul de la trajectoire de l'hélicoptère de manière à ne pas fausser la précision du système par une courte ligne de base.

En ce qui concerne le chantier Nantes - Les Sables d'Olonne, la démobilisation a pu intervenir le lendemain du vol après validation des données calculées dans la nuit.

Traitement des données au bureau

Le traitement des données laser à travers le logiciel Flip7 nous a permis de livrer les documents classiques ci-dessous :

- plans topographiques au 1/1 000 selon la charte SNCF sous Autocad
 - profils en travers au 1/200 sous Autocad
- Face à la grande densité des points

Qu'est ce que le système FLI-MAP®?

Fast Laser Imaging Mapping Airborne Platform (Plateforme aéroportée pour la cartographie à partir de l'acquisition rapide d'images laser)

C'est un Système d'Imagerie Géographique par laser héliporté. Il a été entièrement développé, matériel et logiciel, au sein du groupe FUGRO. Il est adaptable sur tous types d'hélicoptère, sa principale application est la cartographie, de grande précision (± 7 cm en X, Y, ± 6 cm en Z) avec une haute résolution de 5 à 30 points /m², de corridor.

Il est constitué des éléments suivants :

- un système de navigation DGPS, utilisant les corrections Omnistar, qui guide l'hélicoptère sur des trajets pré tracés
- deux récepteurs GPS bi fréquence qui enregistrent les données de positionnement pour le calcul de la trajectographie en post calcul
- deux centrales d'attitude qui enregistrent les mouvements de l'hélicoptère
- deux émetteurs récepteurs laser à balayage
- deux caméras vidéo numériques: une frontale, une nadirale.
- un appareil photo numérique pour les ortho photos

Les positions précises de la trajectoire de l'hélicoptère seront calculées à posteriori, avec les corrections acquises par les stations de référence. Les émissions laser sont dans une bande de fréquence sans danger pour l'homme.

Les caractéristiques du système sont les suivantes :

- Hauteur de vol : de 50 à 200 m
- Largeur du corridor : de 50 à 200 m
- Vitesse de vol : 60 km/h
- Distance volée par jour : de 100 à 300 km
- Points laser acquis: 15000 points/s
- Densité : de 5 à 30 points/m²
- Stations de référence : situées tous les 20 à 30 km

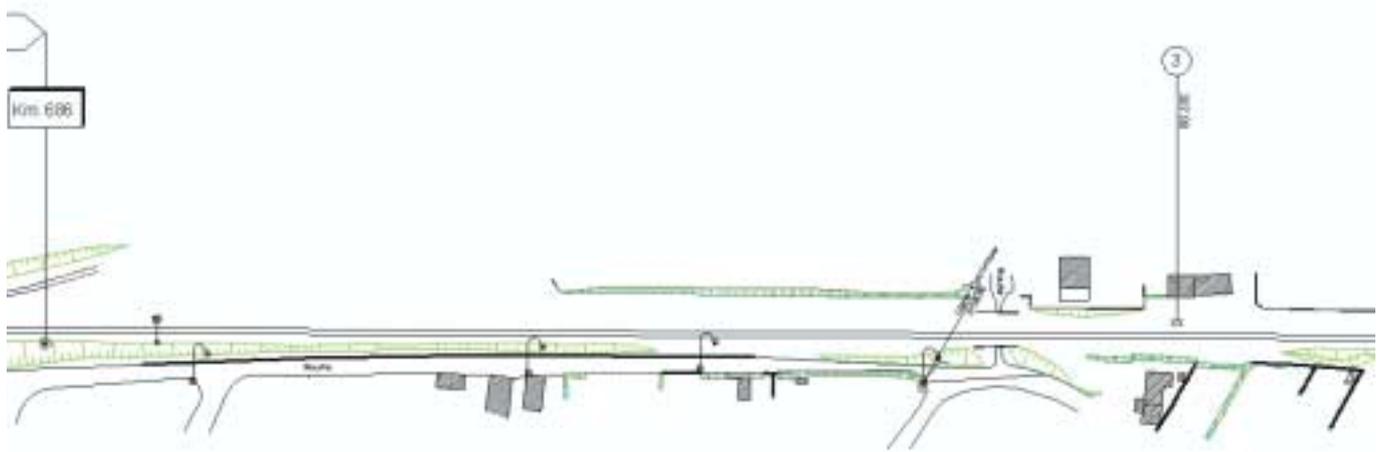


Figure 1

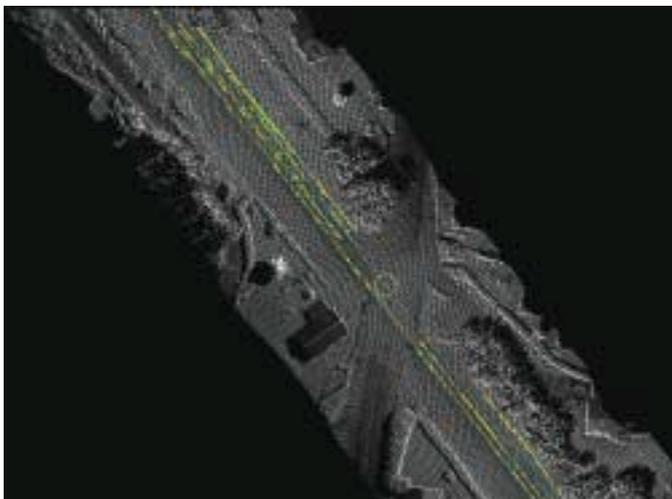


Figure 2

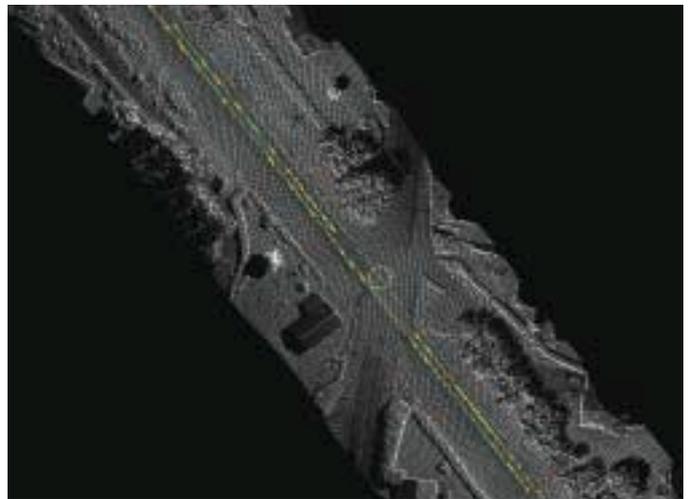


Figure 3

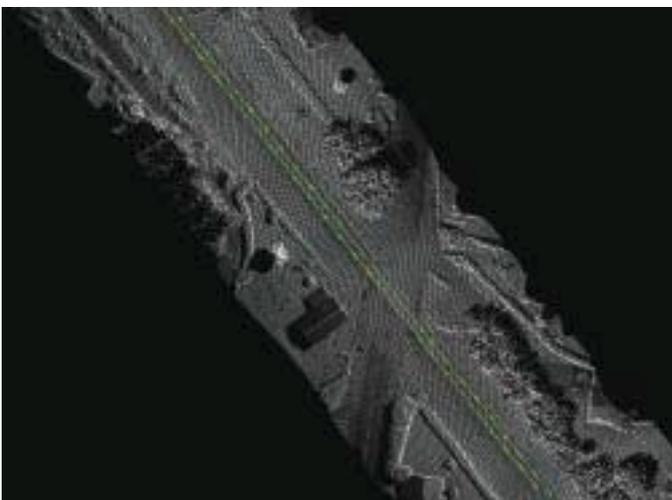


Figure 4

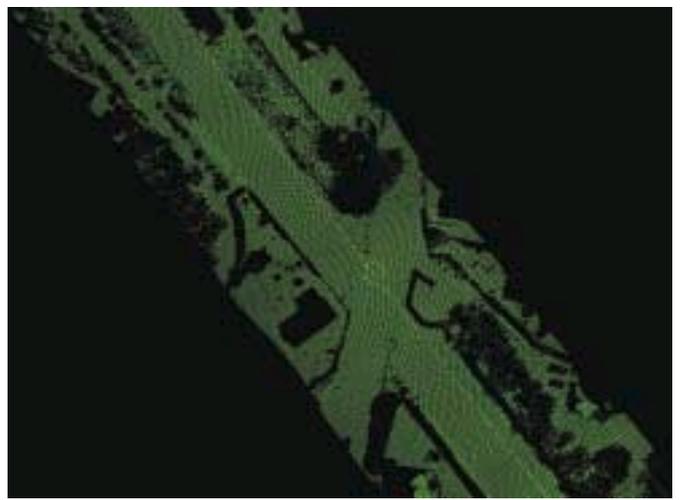


Figure 5

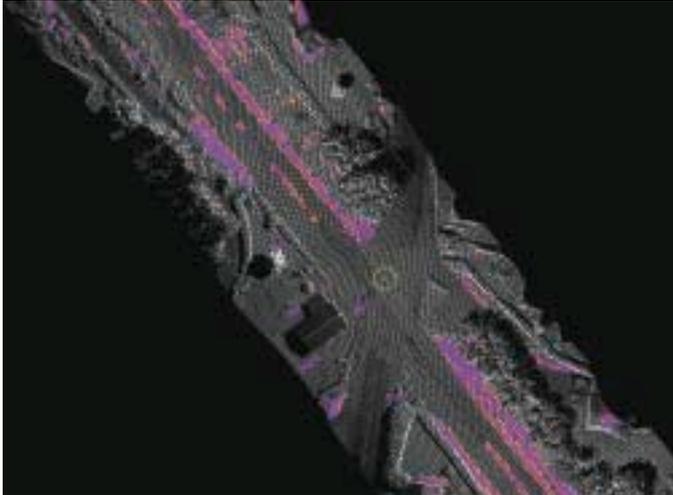


Figure 6



Figure 7

obtenus, de nombreux filtres sont utilisés pour faciliter l'automatisation des traitements. (figure 1)

Une première combinaison de filtres, spécifiques au projet de voie ferrée, est utilisée afin de digitaliser les rails :

- La première étape consiste à repérer les points susceptibles d'être sur les rails grâce aux informations d'intensité du signal réfléchi et d'élévation par rapport aux points adjacents, (figure 2)
- La deuxième étape filtre ces points afin de ne garder que les lignes parallèles, (figure 3)
- La troisième étape consiste à lisser la polyligne issue de ces points afin de déterminer la position finale des rails. (figure 4)

Une deuxième combinaison de filtre est utilisée afin de faciliter la vectorisation des éléments topographiques :

- un filtre isole les points du MNT par étude des différences d'élévation et des surfaces planes – pour filtrer la végétation – entre points voisins. Ce filtre sert aussi par la suite au dessin des profils en long et en travers de la voie. (figure 5)
- Un filtre repère les éléments caractéristiques du terrain comme les talus par études des ruptures de pentes sur les points du MNT. (figure 6)
- Un autre filtre localise les limites des éléments bâtis, des clôtures, des haies, des boîtiers et des poteaux par comparaison des élévations. (figure 7)
- De nombreux autres filtres nous permet-

tent aussi de repérer des lignes électriques ou tout autre objet caractéristique. Nous avons aussi fourni une vidéo géoréférencée qui permet au client de visionner en détails toute la ligne. Ce produit offre une interprétation plus facile des plans et évite au client de nombreuses visites sur le terrain.

Conclusion

Cette première mission a donc entièrement satisfait les responsables de RFF et de la SNCF. A ce jour, RFF-SNCF vient de nous confier un autre lever topographique de 100 km de ligne de chemin de fer pour un projet identique. En effet, dans la perspective de la modernisation du tronçon de ligne QUIMPER à LANDERNEAU, M. RIZK Directeur de l'opé-





ration (RFF), M. MAGRE Directeur Délégué de l'infrastructure de la Région de Rennes et M. LIVERNEAUX Chef de projet ont demandé à GEOID de réaliser les plans topographiques à partir de données acquises par le système FLI-MAP®. L'ensemble de ces plans, à la charte RFF-SNCF, à l'échelle du 1/1000 ainsi que 250 profils en travers au 1/200 et tous les fichiers numériques incluant les images vidéo seront fournis au chef de Projet dans un délai de sept semaines.

Opérations réalisées depuis l'Europe

Depuis 1997, plus de 20000 km de levés topographiques de corridor ont été réalisés par le groupe FUGRO pour

les applications industrielles suivantes :

- Voies ferrées
- Lignes électriques haute tension
- MNT de digues pour la lutte contre les inondations
- Autoroutes, routes, ouvrages d'art
- Tracé de pose de pipelines
- Auscultations des côtes

Contact

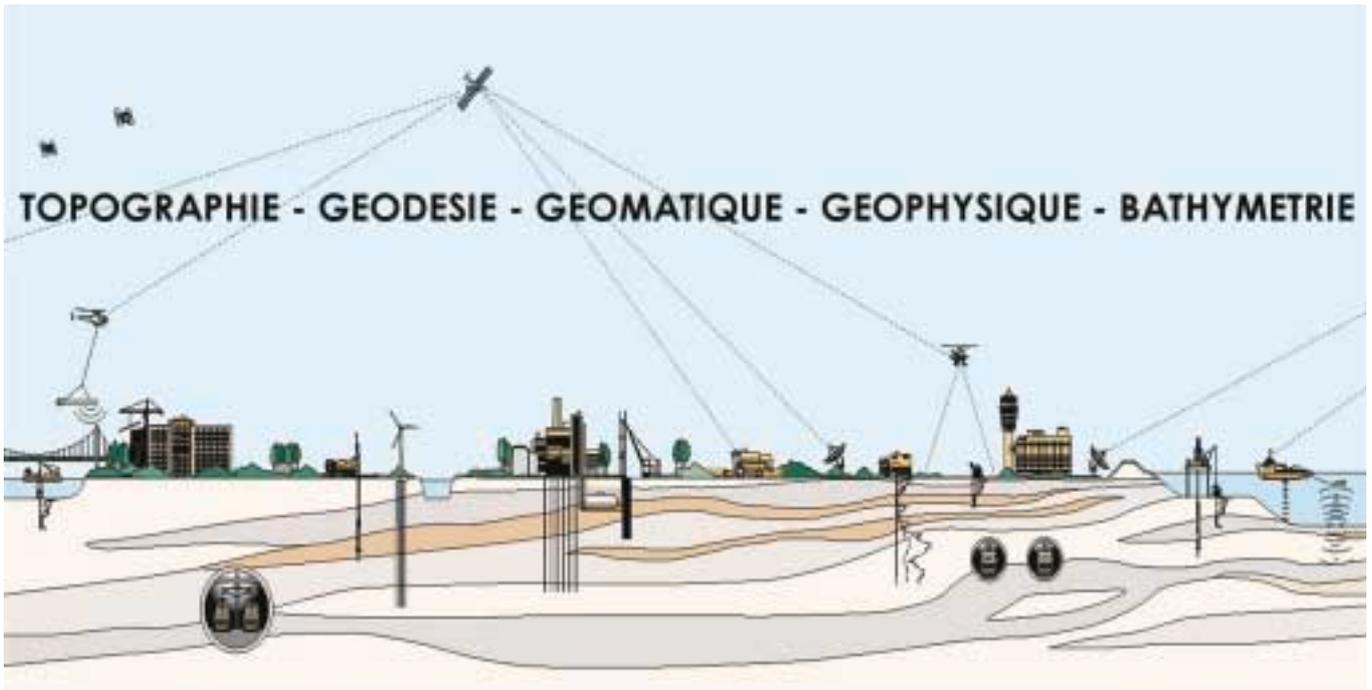
richard.damiano@geoid.fr
thierry.bordas@geoid.fr
sylvain.lacombe@geoid.fr

Société GEOID

Montpellier Technopole
3 rue Jean Monnet 34830 CLAPIERS
Tel: 33 (0)4 67592644
Fax: 33 (0)4 67592842
www.geoid.fr

ABSTRACT

Key words: ALS, LIDAR, airborne LASER, DTM, DEM, High density, Accuracy
Presentation of the FLI-MAP® system and of one operation which GEOID member of the FUGRO group carried out in France in 2001. Within the framework of the study of the electrification of the Nantes - Les Sables d'Olonne railway line, the Réseau Ferré de France (R.F.F.), project manager and the SNCF, works manager, asked GEOID to carry out a topographical survey, using the FLI-MAP® system, on the two existing lines. Firstly, five geodetic points spaced at about 20 Km were marked and tied-in to the RGF network. During the helicopter flight, a centrimetric GPS receiver placed on each of these points registered the corrections of the satellite data to allow post-processing, of it's trajectory to be carried out. The scanning laser and digital video equipment were fit on board an Ecureuil 500. In three hours, the helicopter had flown over the entire length of 110 Km, at 50 m altitude, except urban areas, and had surveyed 15 000 points/s over the 50m wide area. After the on-site data validation in that same night, in the office we vectorized a 20m wide band using the FLIP7 software. Without needing to put a foot on the railway line itself, we were able to deliver to the client a set of detailed topographical plans on 1/1000 scale, cross sections over the 20 m wide at site requested by the SNCF (plans au 1/200), the corresponding AUTOCAD files, the video images taken from the helicopter as well as the FLIP7 software which allowed the laser and video geo-referenced data to be exploited.



Société GEOID membre du groupe FUGRO
Montpellier Technopole
3, rue Jean Monnet
34830 CLAPIERS
Tel : 04 67592644
Fax : 04 67592842

<http://www.geoid.fr>

Contacts :
richard.damiano@geoid.fr
thierry.bordas@geoid.fr
laurent.vigier@geoid.fr

