

Contrôle terrestre d' balayage hélicoptéré

Pour répondre à une commande de la Direction de l'Équipement de Polynésie Française, portant sur le levé d'une bande de plus de 18km de long, une implémentation du système Fli-Map de levé par laser à balayage hélicoptéré (Airborne Laser Scanning - ALS) est proposée. Le chantier est localisé aux Marquises, archipel éloigné aux îles escarpées et couvertes d'une végétation dense. C'est une première sur un territoire français, et mérite à ce titre un contrôle. La confrontation des données ALS à un levé terrestre met en évidence les qualités et faiblesses de la méthode et donne lieu à un affinement du travail de filtrage des données brutes. Le résultat final permet d'évaluer la qualité globale des données et d'envisager son utilisation future dans le contexte polynésien en connaissance de cause.

Les Îles Marquises sont magnifiques, sauvages et mystérieuses... Encore difficilement accessibles, elles restent à l'écart des principaux flux touristiques. Le visiteur y découvre l'autre facette du mythe polynésien. Ici ni lagon amniotique ni "five star resorts" les pieds dans l'eau ; mais une nature luxuriante, une géologie jeune dont témoignent les baies encaissées et les vallées profondes. Et un peuple au riche passé et fier de ses racines. Les "marae" et les "tiki" en sont les preuves archéologiques, le tatouage et l'artisanat les réminiscences sociales. C'est en découvrant la réalité marquisienne que les exiles volontaires d'hommes à la recherche d'authenticité, Paul Gauguin et Jacques Brel en leur temps, prennent tout leur sens.

Mais les Marquises sont aussi un archipel de six îles principales en pleine expansion démographique, dont le développement socio-économique dépend d'investissements structurels importants. Les responsables locaux en ont d'ailleurs fait une de leurs priorités. Qui se concrétise par des projets de créations d'aérodromes, de centres administratifs et médicaux, de pistes routières...

Nuku Hiva, l'île principale (la plus grande et la plus peuplée) de l'archipel accueille évidemment son lot de projets. Ici pas besoin de créer un aérodrome ; il existe depuis plusieurs années déjà. Le développement des liaisons aériennes lui donne une importance régionale : au minimum un vol par jour depuis Papeete, puis des

Figure 1 : Nuku Hiva et les Marquises Nord⁽¹⁾



liaisons intra-archipels. L'aérodrome est le nœud vital de l'île et de l'archipel, à la fois instrument de développement économique (échanges, tourisme) et social (liaisons culturelles, évacuations sanitaires). Mais voilà, ce nœud vital est situé à "Terre-Déserte", lieu-dit de l'île portant bien son nom : c'est une lande pelée et inhabitée, bordée de hautes falaises surplombant le Pacifique. Et située à quatre heures de pistes en véhicule tout terrain (ou dix minutes d'hélicoptère) du village de Taiohae, principal bourg et centre administratif. Une liaison routière de bonne qualité apparaît dès lors indispensable.

C'est dans la concrétisation de ce projet que la Direction

(1) Carte d'après www.polynesiepassion.net

un levé par laser à aux Iles Marquises

Quentin Gross, Ingénieur ENSAIS

de l'Équipement de Polynésie Française s'est lancée. Un premier tronçon de piste bétonnée est en voie d'achèvement, mais le plus dur reste à faire : deux cols (dont l'un à 1000 m d'altitude) et un plateau sont à traverser. Et réutiliser l'emprise de la piste existante n'est pas possible sur l'ensemble du tracé, en particulier au passage du col de Tekao où un tunnel est même envisagé.

Les études d'un tel projet nécessitent évidemment des données topographiques précises. Les seules données disponibles au commencement du projet étaient une restitution photogrammétrique au 1 / 5 000 dont la validité et la précision étaient à considérer avec précaution, puisque basée sur des prises de vues anciennes (1984) au 1 / 25 000. Sans compter les limites de la méthode en terrain très accidenté et boisé. Ces données ont permis d'établir un avant projet, et de dégrossir le tracé. Mais le passage à un niveau de définition plus fin, le choix d'un tracé définitif, imposaient de disposer de données beaucoup plus précises et fiables.

Un appel d'offre a donc été lancé pour la réalisation d'un des plus gros chantiers de topographie jamais commandé par la Direction de l'Équipement : le relevé d'une bande d'étude de près de 17 kilomètres de long et 100 mètres de large, et ce principalement en zone vierge (terrain accidenté, végétation dense). Le résultat attendu devait être un plan au 1 / 500^e faisant figurer les principaux éléments topographiques (bâtiments, dalots, fossés, talus, bords de route), ainsi qu'un modèle numérique de terrain au format GeoMacao pour les études routières.

Les réponses à cette consultation publique recelaient une surprise. Alors que les principaux acteurs de la

topographie en Polynésie proposèrent un levé par méthode terrestre classique, en déployant de forts moyens humains (plusieurs brigades de terrain) et matériel (défrichage indispensable de certaines zones) et en prévoyant un délai de réalisation de plusieurs mois, un géomètre proposait l'utilisation d'une technique nouvelle, peu connue (surtout sous les latitudes polynésiennes !) : le levé par balayage laser hélicopté (Airbone Laser Scanning en anglais, l'acronyme ALS sera utilisé pour désigner la technique).

Seule une société spécialisée peut entreprendre ce type de travaux, et la proposition émanait en réalité d'un groupement entre, Franck Ruédas, géomètre de la place, le groupe international Fugro (avec son système Fli-Map) et la société Macao France pour le formatage des données imposé par le maître d'ouvrage. L'offre est apparue suffisamment intéressante (du point de vue économique et pratique) pour que celui-ci tente la gageure d'implémenter l'ALS pour la première fois sur un territoire français, et dans des conditions extrêmes tant du point de vue technique que logistique.

Le propos de cet article n'est ni de raconter les détails de la mission entreprise par les prestataires, ni de décrire la méthode ALS en détail, et encore moins d'en vanter les mérites ou de la mettre en cause. Mais plutôt de présenter le travail entrepris par la section topographie de la Direction de l'Équipement, chargée de réceptionner le lever.

Après un bref rappel des principes de la technique ALS, l'intérêt d'un contrôle, la méthodologie employée, les résultats obtenus seront présentés et analysés.



Un appel d'offre a donc été lancé pour la réalisation d'un des plus gros chantiers de topographie jamais commandé par la Direction de l'Équipement : le relevé d'une bande d'étude de près de 17 kilomètres de long et 100 mètres de large, et ce principalement en zone vierge (terrain accidenté, végétation dense). Le résultat attendu devait être un plan au 1 / 500^e faisant figurer les principaux éléments topographiques (bâtiments, dalots, fossés, talus, bords de route), ainsi qu'un modèle numérique de terrain au format GeoMacao pour les études routières.

L'ALS est une technique relativement récente et originale, les premières applications en Europe remontant au début des années 1990. Elle n'a jamais été mise en œuvre en France métropolitaine. Ce chantier aux Marquises est donc une première et doit être considéré avec de l'intérêt - c'est une méthode économique, rapide et pratique dans les zones difficiles d'accès - mais de la prudence et un certain regard critique sont nécessaires avant d'utiliser les résultats.

Levé par balayage laser hélicoptéré

En simplifiant, cette technique consiste à obtenir un grand nombre de points tridimensionnels représentant autant de points au sol d'une zone d'étude, en la survolant avec un télémètre laser à environ 80 m de hauteur. Celui-ci opère un balayage transversal alors que le mouvement longitudinal est assuré par le véhicule le transportant, un hélicoptère dans ce cas. Ce double mouvement permet d'acquérir, à chaque passage, des données sur une bande d'une largeur dépendant de l'ouverture du balayage et de la hauteur de vol. Le système d'acquisition étant très rapide, la densité de points bruts mesurés est très forte (plusieurs dizaines de points par mètre carré). Un complexe couplage entre des capteurs GPS différentiels et une station inertielle permet le positionnement du capteur laser, et de fait le calcul des points mesurés dans le référentiel choisi. L'enregistrement de 2 bandes vidéo l'une frontale et l'autre verticale d'une bande vidéo simultanément à l'acquisition des points permet de visualiser la zone levée.

Les étapes d'une mission ALS peuvent se résumer simplement à :

- La mise en place d'un réseau de points de référence, qui accueillent des antennes GPS permettant à la fois la navigation en temps réel, le respect du plan de vol et le positionnement du capteur.
- L'acquisition des données (mesurage de points) par survol de la zone.
- Le calcul des points dans le système de référence des coordonnées du chantier (nuage dense de points 3D).
- Le "post-processing" permettant d'obtenir un jeu de données exploitable, correspondant aux coordonnées des impacts sur les objets souhaités au sol. Cette étape consiste en un filtrage des points mesurés de manière à séparer les impacts au sol de ceux sur la végétation, les bâtiments, et généralement les obstacles rencontrés par le faisceau.
- L'utilisation des images vidéos pour affiner la discrimination des impacts lasers conduisant à l'établissement d'un fichier dessin en 3D

L'opération de transformation des données dans le système local nécessite, au préalable à la mission d'acquisition des données, la réalisation de travaux de géodésie aux abords du chantier.

La principale difficulté dans la mise en œuvre de cette méthode est la discrimination des points de manière à extraire le sol. Ce classement s'opère en appliquant des algorithmes complexes, dont les paramètres varient selon les caractéristiques de la zone de travail.

De l'intérêt d'une mission de contrôle

L'ALS est une technique relativement récente et originale, les premières applications en Europe remontant au début des années 1990. Elle n'a jamais été mise en œuvre en France métropolitaine. Ce chantier aux Marquises est donc une première et doit être considéré avec de l'intérêt - c'est une méthode économique, rapide et pratique dans les zones difficiles d'accès - mais de la prudence et un certain regard critique sont nécessaires avant d'utiliser les résultats.

Par rapport aux chantiers classiques faisant appel à l'ALS (corridors ferroviaires, lignes hautes tension, oléoducs), le chantier de Nuku Hiva présente les particularités suivantes :

- Morphologie du terrain très accidentée.
- Très peu de bâtiments et d'objets topographiques habituellement rencontrés dans les zones à forte densité de population.
- Végétation très dense et variée, recouvrant la quasi-totalité du chantier.

La végétation étant le principal facteur d'erreur de la méthode ALS (cf. *Petzold et al., 1999*), un contrôle terrain est indispensable pour s'assurer de la qualité du MNT fourni ; en particulier dans des zones à forte pente et canopée dense.

Figure 2 : Tachéomètre en station dans un environnement difficile



Méthodologie du contrôle

Levé terrestre

Les seules données disponibles (la restitution photogrammétrique) ne sont ni assez précises ni assez denses pour être comparées de façon significative au levé ALS. La seule méthode envisageable est donc d'obtenir des données comparables par une méthode classique, dont la précision est connue : des contrôles ponctuels par levé tachéométrique classique s'imposent.

Une mission de levé topographique classique a donc été mise sur pied par la Section Topographie de la Direction de l'Équipement.

Les points d'appui utilisés sont strictement ceux mis en place par les techniciens de Fugro, en préalable à la mission ALS. Ces points ont été déterminés par méthode GPS différentielle statique. Les réutiliser comme points d'appui pour la mission terrestre garantit la cohérence des résultats et permet de s'assurer que les éventuelles différences constatées ne sont pas des artefacts mais bien dus aux différences entre les méthodes employées.

Vu l'étendue du chantier et les difficultés évoquées plus haut, il serait aberrant d'envisager des levés terrestres de grande envergure. Cinq zones test ponctuelles ont donc été choisies dans l'emprise du levé ALS. Elles sont représentatives des divers types de couvert végétal et de relief présents sur le chantier.

Typologies du terrain, choix de zones caractéristiques

Zone 1 : Végétation légère, détails topographiques, relief plat.

La première zone test est une parcelle délimitée par une clôture, accueillant des bungalows et d'autres constructions, située à une altitude d'environ 100 m. Entre les bâtiments, le jardin est entretenu (herbe rase tondue). De nombreux arbres (feuillus, sapins et agrumes) sont répartis sur toute la zone levée, ainsi que de petits accidents de reliefs (rochers). À l'extérieur de la zone clôturée, l'herbe n'est pas tondue. Il y a donc une limite nette entre l'herbe rase et l'herbe haute.

Figure 3 : Herbes hautes et buissons sur la zone 2



Les objectifs sur cette zone sont les suivants :

- Vérifier précisément le positionnement planimétrique d'objets topographiques caractéristiques.
- Étudier la pénétration sous une couche légère de végétation (quelques arbres).
- Comparer le comportement de la méthode ALS sur de l'herbe.

Zone 2 : Végétation hétérogène, doux modelé du terrain

La deuxième zone de levé s'étend de part et d'autre de la piste actuelle, dans une zone au relief relativement doux sans "accidents" de reliefs particuliers, à une altitude moyenne de 230 m. La route est bordée par de la végétation basse (ronces, fougères, herbe) et, ponctuellement, par des buissons ou de petits bosquets d'arbres aux feuillages assez denses.

Pourquoi cette zone ?

- Cette zone permet de vérifier le comportement de l'ALS sur une zone à la végétation non-homogène, puisque alternant végétation basse et haute.
- Ce type de végétation est très répandu sur la zone levée, puisqu'elle se trouve tout au long de la piste descendant à Terre Déserte.

Zone 3 : Pente marquée, couverture par des sapins

Cette zone est un flan de colline, à 730 m d'altitude, à la pente marquée (12,5 à 30 %) mais au relief régulier. En bordure de levé passe la piste actuelle.

Deux parties sont à distinguer : premièrement la route et la moitié du flan de colline totalement dégagées, deuxièmement une partie couverte d'une plantation de sapins. La partie dégagée du flan de colline présente quelques "accidents" de relief (gros rochers). Les sapins sont plantés selon une trame assez régulière et forment une couverture homogène (même hauteur).

Un talus couvert de fougères marque la limite entre la route et le flan de colline.

Objectifs :

- Vérifier le levé héliporté sur une zone ne présentant pas d'ambiguïtés (dégagée de végétation).
- Apprécier la pénétration de la méthode sous des sapins. Ceci est particulièrement important puisque les plantations de sapins couvrent une grande partie de la zone levée, côté Terre Déserte.

Figure 4 : Plantation de sapins (zone 3)



Figure 5 : Fond de thalweg couvert de végétation très dense (zone 4)



Zone 4 : Thalweg à la végétation dense

C'est un thalweg situé en bordure de zone levée, à 860m. La vallée a un profil en V très marqué d'une profondeur d'environ 30-40 m à cet endroit. La pente du flan de montagne levé est comprise entre 100 et 110 %.

Le couvert végétal dans ce thalweg (comme dans beaucoup d'autres à Nuku Hiva) est très dense, hétéroclite et présente différentes couches de végétation (fougères, fougères arborescentes, feuillus bas, pandanus, feuillus hauts...).

Le relief et la densité de la végétation rendent l'accès à ce thalweg très difficile en particulier avec des appareils topographiques nécessitant de dégager des visées au travers de la végétation.

Cette zone présente les conditions les plus défavorables a priori pour un levé par ALS : relief très accidenté, couvert végétal très dense et de hauteurs différentes.

Zone 5 : Flan de colline couvert de fougères

À 860 m d'altitude, zone au relief régulier et en pente moyenne (30 à 60 %). Piste levée de façon précise, en prenant en compte des lignes caractéristiques (fil d'eau, haut de caniveau...).

Depuis la piste, un flan de colline recouvert d'une couche uniforme de fougères s'élève doucement. Les fougères forment une couverture quasi opaque d'une épaisseur comprise entre 1 m à 1,50 m au-dessus du sol. Quelques arbustes et buissons plus hauts se trouvent également dans la zone. Les fougères couvrent également les hauts de talus surplombant la piste.

Objectifs sur cette zone :

- Étudier l'efficacité de la méthode sur une zone couverte de fougères. Quasiment toutes les crêtes de la zone levée sont couvertes d'une couche de fougères comparable.
- Vérifier une fois de plus le comportement en zone dégagée.

Comparaison de deux MNT

Les données de références acquises, reste à les comparer à celles obtenues par ALS. Celles-ci se présentent sous forme de fichiers dessin 3D MicroStation contenant principalement des courbes de niveau demi-métriques, mais aussi les quelques détails topographiques présents sur la zone.

Les levés classiques des diverses zones sont formalisés sous la forme de dessin MicroStation. Pour faciliter la comparaison visuelle, des courbes de niveau de même intervalle sont interpolées.

Mais la seule comparaison visuelle n'est pas satisfaisante : elle ne permet pas de véritablement quantifier l'ampleur des écarts entre les deux MNT.

Le module Spatial Analyst de ArcView (ESRI) permet justement de quantifier ces écarts : Après l'importation de données graphiques dans ArcView, une couche Spatial Analyst correspondant au modèle de surface est créée pour chaque levé (ALS et classique). Les opérateurs logiques de Spatial Analyst permettent ensuite d'obtenir une troisième couche dont chaque valeur correspond à la soustraction des valeurs coïncidentes des deux couches précédentes.

Il ne reste plus qu'à exploiter ces résultats : graphiquement en produisant une carte thématique des différences et statistiquement en étudiant la répartition des écarts.

Résultats, zones par zones

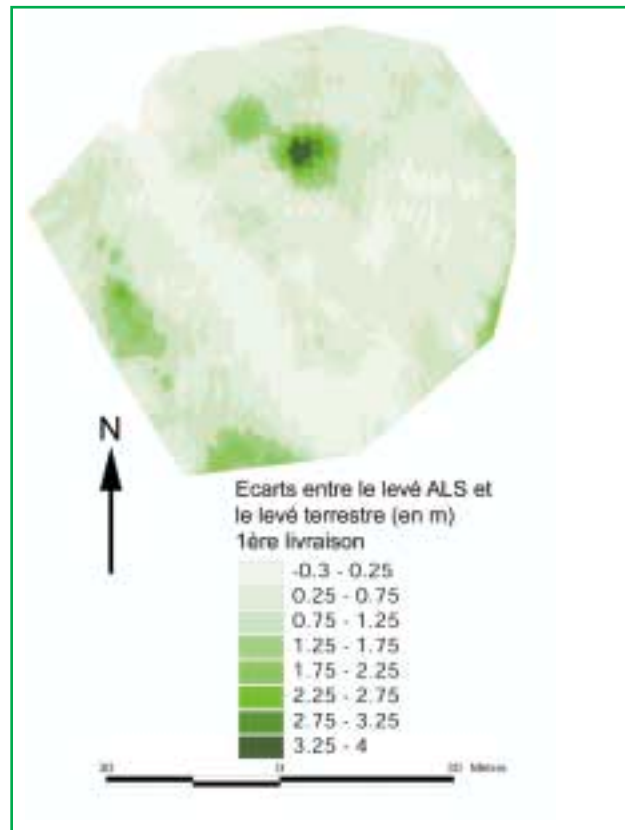
Zone 1

Le positionnement planimétrique des bâtiments est tout à fait correct. Les différences de formes constatées entre les levés terrestre et hélicopté sont dues aux débords de toits.

Dans la zone d'herbe rase, la correspondance entre les deux méthodes est très bonne. Les écarts constatés sont très majoritairement (sur 76% de la surface comparée) compris entre -0,25 et 0,25 m. Spatial Analyst met en évidence des "tâches" dues à des accidents, tels que la présence d'un rocher non levé sur le terrain mais détecté par ALS. Le modelé du terrain est parfaitement reproduit par le levé hélicopté, y compris sous les arbres.

Dans la zone d'herbe haute (17 % de la surface), les écarts sont uniformément compris entre 0,25 et 0,50 m ; soit un décalage dont la valeur est comparable à la hauteur des herbes. Ceci ajouté au fait que la différence est nette entre les zones d'herbe rase et haute permet de supposer que le levé ALS n'a pas permis de toucher le sol sous l'herbe haute.

Figure 6 : Carte des écarts entre les deux méthodes, zone 2, faisant apparaître les erreurs comme des tâches.



Zone 2

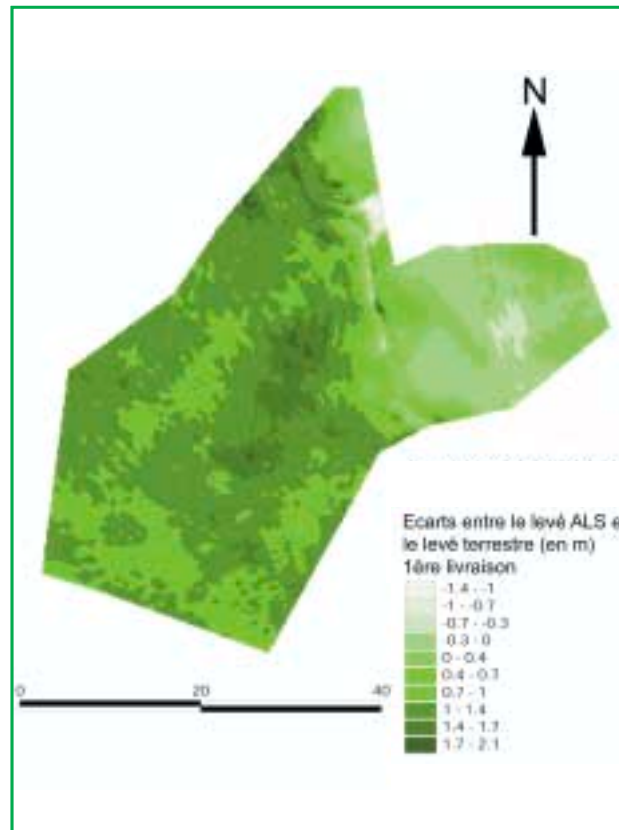
Sur la piste et à ses abords immédiats (20 % de la superficie de la zone), les écarts sont bons (compris entre -0,3 et 0,25 m) ; au nord-est de la route, où le flan de colline est couvert d'une végétation basse (50 % de la zone), les écarts correspondent à la hauteur moyenne de cette couverture végétale (entre 0,25 et 0,75 m). Des "taches" témoignent d'écarts allant jusqu'à 4 m ; elles coïncident avec les bosquets d'arbres touffus dont la position a été relevée. Ces bosquets n'ont donc pas été éliminés au post-traitement. Il faut cependant noter que certains bosquets relevés sur le terrain n'induisent pas d'écarts notables.

Zone 3

On observe une très bonne correspondance entre les deux méthodes de levé (écarts inférieurs à 0,30 m sur près de 70 % de la surface), que ce soit en zone dégagée (résultat prévisible) ou sous les sapins (point qui était à vérifier). Aucune irrégularité du modelé de terrain n'est constatée à l'interface des parties couverte et dégagée. Ponctuellement des écarts plus importants s'expliquent par la présence de rochers non levés par la méthode de levé terrestre.

L'interprétation des hauts talus longeant la piste est fautive. La couverture végétale basse mais dense (fougères) est manifestement la cause de cette erreur. En effet, à d'autres endroits, lorsque les têtes de talus sont bien dégagées, elles sont correctement interprétées. Le

Figure 7 : Carte des écarts entre les deux MNT, zone 5 : bonne concordance sur la piste et écarts constants sur le flan couvert de fougères.



positionnement planimétrique du bord de route diverge nettement entre les deux levés. Ceci s'explique principalement par la mauvaise définition du bord de piste (non goudronnée).

Zone 4

Les résultats y sont mauvais. En aucun endroit n'est observé un écart inférieur à 1 m. Les écarts maximums constatés atteignent jusqu'à 8,70 m. Rappelons que cette zone est un fond de thalweg encaissé recouvert d'une végétation dense et hétéroclite. Certains massifs très denses (pandanus) n'ont pas du tout été traversés par les impacts du capteur laser, ce qui crée des écarts allant jusqu'à 8 m... Des arbres moins denses sont eux traversés, mais c'est une couche de végétation inférieure qui est interprétée comme le sol.

Zone 5

Des écarts quasi constants, compris entre 1 m et 1,40 m, sont observés sur le flan de colline (48 % de la zone). La valeur de ces écarts correspond à la hauteur des fougères recouvrant totalement le versant. Cette homogénéité est la preuve manifeste que le sol n'a pas été atteint mais que c'est bien le haut des fougères qui a été interprété comme le sol. Sur les parties dégagées (piste et ses abords - 20 % de la zone) les résultats sont bien meilleurs, puisque compris entre +0,25 m et -0,25 m. La

comparaison directe avec le levé permet même de vérifier la concordance au niveau du caniveau en bord de piste. Le levé ALS produit ici une densité de points véritablement intéressante.

Affinement du traitement des données ALS

Le contrôle terrain et les premières observations qui en découlaient ont été transmises aux techniciens de Fugro, afin qu'ils affinent la discrimination des points.

Une connaissance a posteriori de la position "vraie" du sol sur des zones ponctuelles, couplée à un travail approfondi de distinction des caractéristiques du couvert végétal à l'aide des vidéos enregistrées par le système Fli-Map, a permis de procéder à un nouveau traitement des données brutes.

Ce deuxième traitement produit un modèle numérique de terrain globalement plus proche de celui obtenu par voie terrestre, que le MNT initial. Zone par zone les observations sont les suivantes :

- **Zone 1 :** Les résultats déjà bons lors de la première livraison sont confirmés et améliorés puisque le décalage dû aux herbes hautes a quasiment disparu.

- **Zone 2 :** Ici, le décalage dû aux herbes hautes ne s'est pas résorbé significativement (il reste un décalage compris entre 20 et 50 cm). Par contre, les accidents de modelé dus aux arbustes et buissons sont en partie éliminés.

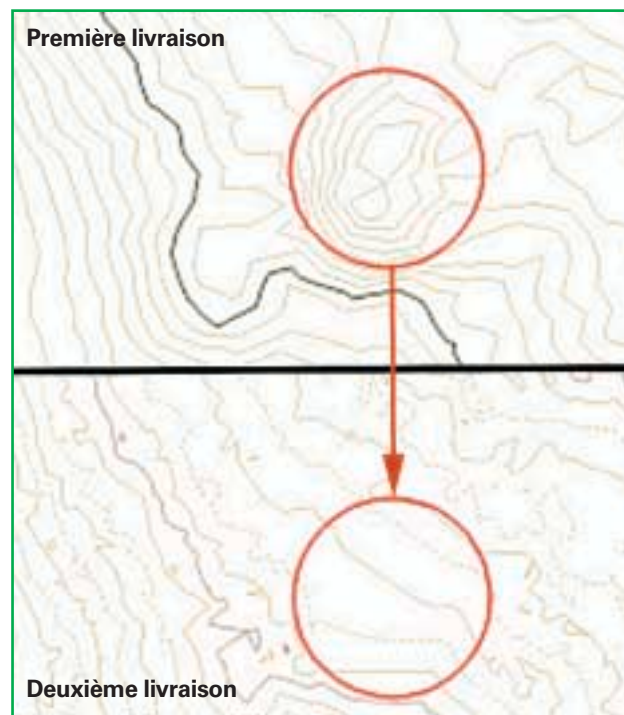
- **Zone 3 :** Les écarts altimétriques étaient principalement dus à la présence de fougères en tête de talus, ils ont pratiquement disparu après ce second traitement. Le positionnement planimétrique des hauts talus n'est cependant pas amélioré.

- **Zone 4 :** Cette zone présentait des écarts très importants allant jusqu'à plus de 8 m, le second traitement les ramène à 1,50 m sur le flan de colline et 3 à 4 m dans le fond du thalweg. Le modelé du terrain n'est toujours pas représentatif.

- **Zone 5 :** Le décalage dû aux fougères est diminué de moitié, il passe de 1,0-1,4 m à 0,75 m. Le reste de la zone présente toujours des écarts globalement bons (inférieurs à 25 cm en valeur absolue).

Ce deuxième traitement, basé sur les observations terrestres a donc permis une amélioration sensible sur l'ensemble des zones, même si sur certaines d'entre-elles les résultats restent en dessous des espérances.

Figure 8 : Amélioration du filtrage : un buisson qui apparaissait sur le premier traitement a été supprimé



Généralisation et synthèse

Les observations faites suite à l'analyse des zones test peuvent être généralisées à l'ensemble du levé, les zones choisies étant suffisamment représentatives de la diversité des situations rencontrées.

Les observations faites plus haut peuvent être synthétisées comme suit.

La méthode ALS fournit d'excellents résultats sur des zones dégagées de toute végétation, même assez pentues (cf. zone n°3). La densité de points est telle que la technique peut s'avérer supérieure au levé terrestre, puisqu'elle permet d'identifier des détails même petits, difficiles à représenter classiquement (rochers de taille moyenne...). Le sol est atteint sous de la végétation haute (arbres, sapins, cf. zones 1 et 3).

Dans les zones de végétation basse mais très dense (herbes hautes, fougères) le "sol" déterminé par l'ALS est plus haut que le terrain naturel levé, systématisme correspondant à peu près à une demi-épaisseur de la couche de végétation (cf. zone 5).

Des faiblesses (accidents de filtrage) sont apparues à l'occasion de la première livraison dans des zones à la végétation hétéroclite (présence d'arbres ou de buissons isolés). Ce sont bien des accidents puisqu'ils peuvent

La méthode ALS fournit d'excellents résultats sur des zones dégagées de toute végétation, même assez pentues (...). Le sol est atteint sous de la végétation haute (arbres, sapins). (...) Dans les zones de végétation basse mais très dense (herbes hautes, fougères) le "sol" déterminé par l'ALS est plus haut que le terrain naturel levé (...).

être éliminés en affinant la discrimination des données brutes.

Dans les zones les plus critiques (très forte pente, fond de vallée, cf. zone 4) le MNT généré par l'ALS est très écarté de la position effective du sol (écart toujours compris entre 1,5 et 4m après le deuxième traitement).

Globalement, le positionnement planimétrique des détails topographiques est bon.

Conclusion

La méthode ALS s'avère très efficace dans certaines zones favorables et donne de bons résultats à des endroits difficiles mais montre ses limites dans des cas extrêmes (très fort vallonnement et végétation dense), où malgré un filtrage poussé, des résultats exempts de tous biais n'ont pas été obtenus.

Mais quelle méthode pourrait y arriver ?

Les contrôles terrestres ont aussi montré leurs limites dans ces zones denses et encaissées. Un résultat véritablement correct ne pourrait être obtenu qu'au prix d'un travail long et fastidieux et du sacrifice de la végétation ; sachant que les zones très escarpées resteront inaccessibles pour un géomètre de terrain. En fait, les deux méthodes n'entrent pas véritablement en concurrence, chacune ayant ses avantages et inconvénients.

La méthode ALS, comparée au levé terrestre classique, est moins chère, plus rapide à mettre en œuvre, nécessite moins de travaux préparatoires et préserve la zone levée. Cependant, la qualité de ses résultats reste dépendante des situations particulières où elle est mise en œuvre : une topographie très encaissée et un couvert végétal dense sont des facteurs limitant de la précision, quelles que soient les précautions prises. Dans ces situations, seul un levé terrestre garanti un MNT le plus proche possible du sol vrai.

Le choix de la méthode doit donc se faire en amont de la commande, en fonction du résultat attendu et de l'exploitation prévue des données. Dans une zone quasi-vierge de réseaux, où seule la topographie du terrain influence la conception d'un projet routier, il semble judicieux de choisir un MNT dense obtenu par ALS ; surtout que la méthode offre des données supplémentaires : les bandes vidéo référencées au levé et permettant une vision objective par le projeteur de la zone d'étude.

La mission ALS à Nuku Hiva avait valeur de test. Et, bien que les résultats qualitatifs soient en deçà des espérances sur les zones très défavorables, le bilan de l'expérience apparaît positif : une économie substantielle dans les frais de levés topographiques, et un test de la méthode dans les conditions particulièrement défavorables des Marqueses.

À l'avenir, l'utilisation combinée de l'ALS et de levés terrestres peut s'avérer une méthode efficace et rapide pour l'obtention de MNT à mailles très fines (équivalent à un plan topographique au 1/500^e) ; les interventions terrestres permettant de contrôler et de corriger les données ALS, tout en offrant des données fiables sur les zones très défavorables. ●

Remerciements

Je tiens à remercier...

Jean-Luc Genet, Paul-Henry Faure et l'équipe de terrain (Anthony, Georges et Julien) de la Section topographie de la Direction de l'Équipement de Polynésie.

Franck Ruédas, géomètre à Tahiti.

Contacts

Jean-Luc Genet (Direction de l'Équipement) :

jean-luc.genet@equipement.gov.pf

Franck Ruédas : geometre@mail.pf

Quentin Gross : quenting@mail.pf

Références

- **Laser scanning - surveying and mapping agencies are using a new technique for the derivation of digital terrain models** - B. Petzold, P. Reiss et W. Stössel, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing*, 1999
- **Airborne laser scanning - present status and future expectations** - F. Ackermann, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing*, 1999
- **Airborne laser scanning - an introduction and overview** - A. Wehr et U. Lohr, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing*, 1999
- **Fli-Map, Système d'imagerie géographique hélicoptère pour une nouvelle cartographie en 3D** - R. Damiano, P. Balestrini, *XYZ n°86*, p. 32-36, 2001
- **Apport de l'altimétrie par laser aéroporté à la cartographie des estrans : expérimentation de l'anse de l'Aiguillon** - G. Barreau, J. Populus, J. Fazilleau, *XYZ n°87*, p. 31-36, 2001
- **L'altimétrie laser, nouvelle technologie en plein essor** - EUROSENSE, *XYZ n°88*, p. 45-47, 2001
- **Tahiti et la Polynésie Française** - collectif, *Lonely Planet Publications*, pp. 463, 1999
- **www.esri.com**
- **www.fugro.com**
- **www.polynesiepassion.net**

Abstract

Facing the need of precise topographic data over a huge area of steep mountains and raw vegetation, in the French Polynesia Marquesas Archipelago, the Airborne Laser Scanning (ALS) system Fli-Map is implemented. As it is the very first time such a system is used in a French Territory, the results deserve being controlled. Comparing the ALS DTM and a regular survey of spotted zones outlined both the qualities and drawbacks of the method. Using the terrestrial survey, the data processing of raw ALS data is sharpened.

Final result enables a good evaluation of the method potentiality and provides a useful know-how for future implementations in the Polynesian context.