

Mise en place de procédures automatisées pour les reports topographiques en milieu ferroviaire à partir de données photogrammétriques et LiDAR acquises par drones

■ Marion HINAUX

L'optimisation de la production des livrables topographiques (plans topographiques vectoriels, extraction de données métier, etc.) en milieu ferroviaire constitue aujourd'hui un enjeu important pour ALTAMETRIS, filiale de SNCF Réseau. En effet, si les méthodes de levé actuelles par LiDAR et photogrammétrie permettent d'acquérir rapidement de grandes quantités de données, leur traitement est complexe et long et nécessite des optimisations. Cette étude s'inscrit dans le cadre des recherches d'automatisation de ces procédures et plus précisément dans la phase de report des données. Les travaux réalisés ont permis d'établir un bilan de la chaîne de traitement mise en place et d'en identifier les points à améliorer. Une nouvelle méthode de report automatisée a été testée, les techniques d'extraction et de contrôle d'un logiciel de report développé en interne optimisées et le processus de traitement établi et validé.

MOTS-CLÉS

LiDAR - photogrammétrie - drones - nuage de points - emprises ferroviaires - report - automatisation

par LiDAR² et photogrammétrie permettent aujourd'hui d'obtenir assez facilement des nuages de points et ortho-images, la difficulté réside principalement dans le traitement de ces données très denses visant l'extraction d'informations spécifiques propres à chaque métier (documents vectoriels simplifiés, tableaux de valeurs, etc.) et utiles pour leurs travaux d'étude (réfection de plan de voie, analyse d'ouvrage, etc.). L'amélioration de ces méthodes est donc un axe de développement prioritaire pour l'entreprise. Ses objectifs sont multiples :

- Gain de temps.
- Homogénéisation des méthodes de travail et des livrables.
- Diminution des risques d'erreurs.

² *Light Detection and Ranging* : technique de mesure de la distance basée sur l'analyse d'un faisceau lumineux

Introduction

En tant que gestionnaire du réseau ferré national français, SNCF¹ Réseau est en charge de la maintenance et de l'entretien d'environ 30 000 km de voies ferrées. Elle doit en effet garantir le bon état et si besoin le renouvellement de l'ensemble du réseau. Dans ce contexte, ALTAMETRIS, qui a pris la suite du pôle Drones SNCF Réseau, apparaît comme un pilier majeur de la surveillance des voies. En tant que filiale de SNCF Réseau, elle intervient pour répondre aux besoins des projets de topographie, de contrôle et de maintenance sur l'ensemble des infrastructures du réseau ferré national.

Mon étude s'inscrit dans le cadre des missions topographiques et plus précisément dans la phase de report

des données (Figure 1). L'amélioration des procédures de production des livrables topographiques représente un enjeu important pour ALTAMETRIS. En effet, si les méthodes de levé



Figure 1. Orthophoto et plan topographique

¹ Société Nationale des Chemins de fer Français



Ces développements sont d'autant plus nécessaires qu'il n'existe actuellement que peu de logiciels proposant des solutions de report en environnement ferroviaire. Pour pallier à ce manque, ALTAMETRIS s'est donc dirigée vers la mise en place de ses propres logiciels et méthodes pour répondre aux attentes de SNCF. Pour cela, une solution semi-automatisée d'assistance au report des voies, *AltaTrack* est actuellement en cours de réalisation.

Cette étude s'est structurée autour de plusieurs objectifs. Il s'agira tout d'abord de dresser un bilan des méthodes de report actuellement déployées, de manière à fixer une procédure générale qui sera utilisée par l'ensemble des équipes de traitement et permettra d'homogénéiser la réalisation des livrables. À partir de cet état des lieux, nous pourrions identifier les tâches critiques, présentant un fort potentiel d'amélioration, afin de proposer et, dans la mesure du possible, de tester des alternatives plus efficaces.

Analyse des procédures de report

Avant de procéder à l'automatisation des tâches, il convient de faire un point sur la chaîne de traitement actuellement déployée, afin de mettre en lumière les étapes les plus critiques à améliorer (Figure 2).

Afin de réaliser ces traitements, de nombreux logiciels commerciaux sont utilisés. En complément, plusieurs outils ont été ou sont en cours de développement au sein d'ALTAMETRIS :

- *Rodimus Prime* : permet de générer différents types d'ortho-LiDAR utilisées pour le report des données.

- *Factotum* : application intégrée à l'environnement AutoCAD qui regroupe plusieurs outils de dessin, d'import et d'export de données permettant de faciliter le report.
- *AltaTrack* : vise l'extraction automatique d'objets en environnement ferroviaire tels que les rails ou les caténaires.

L'analyse des procédures effectuée a permis d'identifier les étapes du report des données les plus problématiques et d'orienter les développements. L'étape la plus chronophage identifiée est le report 3D. En effet, celui-ci nécessite la réalisation de multiples coupes dans le nuage afin d'en extraire les points caractéristiques. La génération du fonds de plan, la mise en page et le choix des ortho-LiDAR à utiliser pour le report constituent également des points à améliorer.

Avant de réaliser ces développements, une analyse des outils existants s'est imposée.

Analyse des outils existants

■ Analyse des ortho-LiDAR

Actuellement le report des données s'effectue à l'aide des nuages de points et d'ortho-LiDAR utilisées comme fond de plan. Afin d'identifier les meilleures ortho-LiDAR à utiliser pour le report, nous allons analyser la visibilité des principaux objets à reporter sur les différentes combinaisons de filtres de points et représentations qui ont été implémentées dans *Rodimus Prime* (Tableau 1).

Cette analyse a ainsi permis de déterminer les paramètres optimaux à utiliser suivant les éléments à reporter (Figure 3). Après avoir constaté que le report du relief restait difficile avec la représentation Hillshade, plusieurs perspectives qui permettraient d'avoir une meilleure visualisation des lignes de rupture de pente ont également pu

| Utilisations | Résolution pour une densité de 1 000 pts/m ² | Type de représentation | Ensemble d'application |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Report du relief | 6 cm | Hillshade (Ombrage de surface) | Nuage de points du MNT |
| Visualisation/perception | 5 cm | Sky View Factor (Portion de ciel visible) | Points hauts du nuage |
| Report poteaux et câbles caténaires | 5 cm | Dz Voisinage/ Hauteur locale | Points hauts du nuage |
| Report rails et mobilier ferroviaire | 5 cm | Dz Voisinage | Filtre élévation 0.3 + Points hauts du nuage |
| Report végétation, murs et bâtiments | 5 cm | Sky View Factor | Points hauts du nuage |

Tableau 1. Paramètres optimaux à la création d'ortho-LiDAR suivant leur utilisation

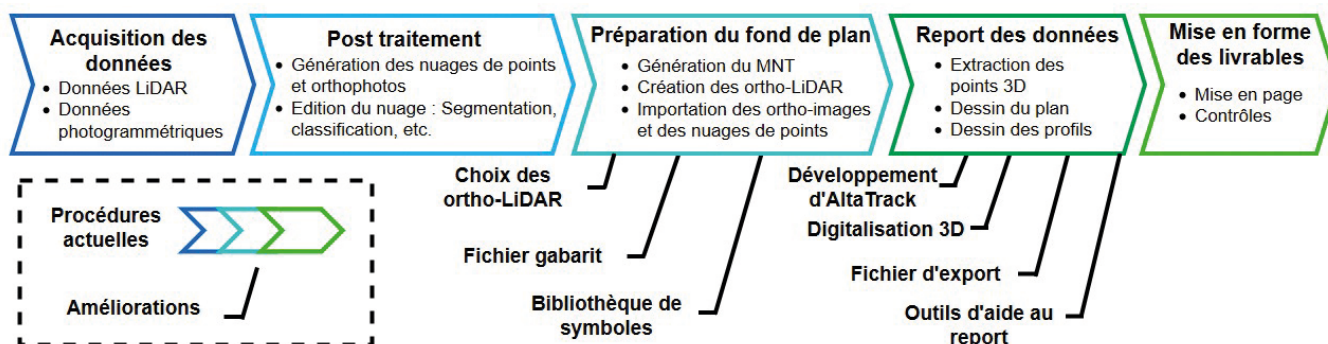


Figure 2. Étapes principales des procédures de report et améliorations envisagées

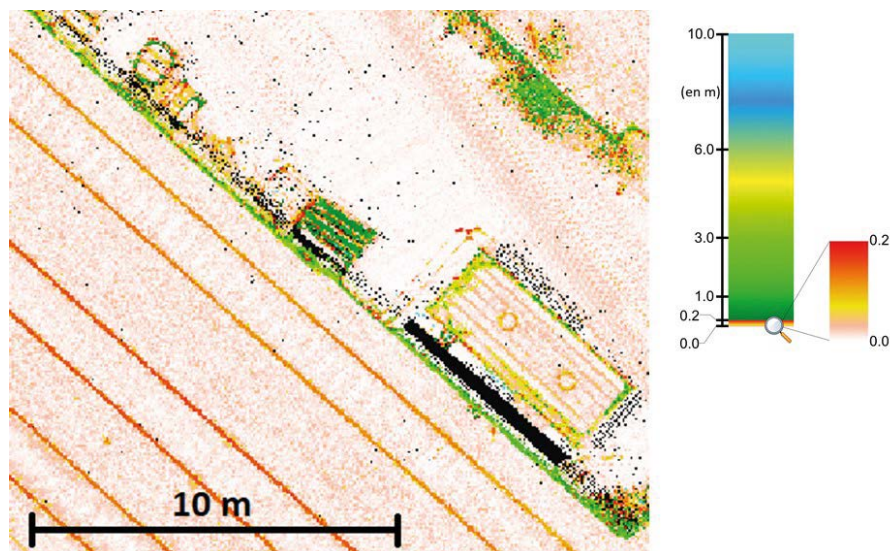


Figure 3. Ortho-LiDAR adaptée au report des rails et du mobilier ferroviaire

être identifiées. Nous pouvons noter en particulier l'utilisation de la combinaison de la représentation *Slope Shading* avec une colorisation en fonction des zones concaves et convexes [Chiba and Suzuki, 2008]

■ Validation d'AltaTrack

AltaTrack est un outil d'assistance au report des voies créé en interne chez ALTAMETRIS pour faciliter le report des données. En cours de développement, il permet aujourd'hui l'extraction automatique de rails et de câbles caténaires à partir d'un fond de plan raster et de nuages de points LiDAR. Son principe consiste à extraire les points d'intérêt à partir de boîtes de sélection disposées grâce aux indications du dessinateur (axe et sens de la voie). Afin d'insérer cet outil dans la chaîne de traitement, nous devons valider son efficacité et sa précision d'extraction. Pour cela, une comparaison a été réalisée sur une cinquantaine de profils entre des

points extraits exactement aux mêmes endroits avec la méthode automatique et manuelle (Tableau 2). Cette analyse rigoureuse point par point est venue compléter un premier contrôle qui avait été effectué sur un échantillon de plus de 300 points. Celui-ci avait donné un écart-type d'1 cm sur les points de rails en calculant les écarts entre des points manuels et la surface de roulement interpolée à partir des points automatiques.

L'écart-type d'1 cm en planimétrie obtenu pour l'extraction des points de rails est satisfaisant au regard de la largeur de 6 cm d'un champignon de rail. L'écart-type en altimétrie reste quant à lui inférieur au centimètre. Les points de caténaires extraits par AltaTrack présentent des écarts un peu plus importants, souvent liés à la présence de plusieurs câbles caténaires proches dans la boîte de sélection. L'analyse de ces écarts a pu montrer

l'impact de la densité de points et du bruit sur la qualité des extractions.

Compte tenu de la précision centimétrique attendue pour le report des rails, les résultats obtenus ont permis de valider leur extraction avec l'outil AltaTrack. Pour en améliorer encore la précision et mieux gérer les cas particuliers, les méthodes de sélection des points et les critères de validation de l'extraction pourront être affinés.

Automatisation de la procédure de report

Avant de procéder au développement de nouvelles solutions, une étude bibliographique a été effectuée permettant d'identifier les deux approches possibles pour l'amélioration des méthodes de report : la semi-automatisation et l'automatisation totale. Dans la littérature, les méthodes d'automatisation complète s'appuient en général sur une extraction des objets par classification du nuage notamment utilisée en milieu ferroviaire par [Arastounia, 2015]. Le principal inconvénient de ces méthodes entièrement automatiques est la quantité non négligeable d'erreurs qu'elles engendrent et qu'il faut corriger. Le temps passé à contrôler et corriger ces erreurs peut s'avérer long et fait relativiser l'intérêt d'une automatisation totale du report des données.

Suite à ce constat et aux choix de développements déjà effectués par ALTAMETRIS, l'étude s'est orientée vers le développement de solutions semi-automatisées. En effet, celles-ci sont plus rapides à mettre en place et permettent de conserver un meilleur contrôle des traitements. Dans le cas du report du mobilier ferroviaire, les points à extraire sont spécifiques et précis. Les méthodes d'extraction utilisées doivent pouvoir s'adapter à chaque cas.

■ Développement d'AltaTrack

L'analyse des résultats obtenus avec AltaTrack a permis de placer dès aujourd'hui le logiciel comme un composant principal des futures procédures de report. Dans le cas de l'extraction des rails et des caténaires, les développements se sont orientés dans deux directions :

| | Écarts rails (en m) | | | Écarts caténaires (en m) | | |
|---------------|---------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
| | DZ | Di 2D | Di 3D | DZ | Di 2D | Di 3D |
| Moyenne | 0.004 | 0.012 | 0.014 | -0.009 | 0.016 | 0.025 |
| Moyenne (Abs) | 0.005 | | | 0.015 | | |
| Max (Abs) | 0.047 | 0.043 | 0.059 | 0.037 | 0.054 | 0.055 |
| Écart-type | 0.007 | 0.010 | 0.012 | 0.018 | 0.014 | 0.022 |

Tableau 2. Écarts obtenus pour l'extraction de rails et de caténaires avec l'outil AltaTrack

- améliorer les méthodes d'extraction des points ;
- affiner les critères qui doivent être respectés pour qu'un profil soit validé (écartement, dévers, rayon de courbure, rampes, etc.).

Extraction de points

Les sources d'erreurs actuelles dans l'extraction des points de rails sont principalement liées à la présence de points faux à proximité du rail ou à une mauvaise répartition des points sur la surface du champignon. Nous avons pu proposer plusieurs améliorations pour limiter ces erreurs.

La première solution envisagée réside en un contrôle de la densité de points autour du point extrait. Celle-ci consiste à calculer son nombre de points voisins contenus dans un cercle de rayon R dans le plan de la coupe. Si ce nombre est inférieur à un seuil fixé, le point est considéré comme faux et l'algorithme passe au point le plus haut suivant (Figure 4). Cette étape a pour objectif d'éviter l'extraction d'un point faux. Dans notre cas, en raison des variations importantes de la densité de points suivant les nuages et au sein d'un même nuage, nous pouvons difficilement fixer une valeur seuil. Une autre solution de contrôle a ainsi été envisagée.

Le contrôle de la répartition des points a ainsi pu être mis en place. Le champignon de rail a une largeur constante comprise entre 6 et 7 cm suivant le type de rail. Si la distance entre les deux points extrêmes du champignon est



Figure 5. Extraction de groupes de points par composantes connexes

comprise entre 45 et 85 mm, la valeur médiane de ces points sera conservée. Dans le cas contraire, le barycentre des points hauts du champignon est calculé. Nous évitons ainsi qu'une mauvaise répartition des points sur le champignon impacte l'extraction du rail.

L'extraction des câbles caténaires présente actuellement plus d'erreurs que celle des rails. En effet, leur détection est plus complexe. Les zones de sélection actuellement utilisées peuvent comporter des éléments variés : fil porteur, fil de contact, poteaux caténaires, etc.

Une première possibilité testée a été d'utiliser un algorithme d'extraction des composantes connexes. Cette fonction définie dans [CloudCompare, 2012] permet de décomposer un nuage de points en plusieurs sous-nuages. Pour cela, elle identifie les groupes de points suffisamment éloignés entre eux pour les associer à des objets distincts. Cette identification s'appuie sur l'utilisation de deux paramètres :

- le niveau d'octree fixe le seuil de distance à partir duquel les points seront considérés comme appartenant au groupe ou non ;
- le nombre minimal de points pour

qu'un ensemble soit considéré comme un groupe.

Plusieurs tests ont été effectués en faisant varier les deux paramètres. Les meilleurs résultats sont obtenus en conservant les valeurs par défaut du logiciel (Niveau d'octree de 7 et un nombre de points minimal par groupe de 10). En effet, un niveau d'octree plus important ou plus faible donne lieu à un nombre trop important de sous-groupe ou au contraire attribue tous les points à un même ensemble. Comme l'illustre la figure 5, sur laquelle chaque groupe de point extrait a été associé à une couleur, nous avons pu constater que les résultats restent entachés d'erreurs au niveau des porteurs et des poteaux caténaires.

Une autre solution envisagée a été d'identifier les câbles en les modélisant par des cylindres. CloudCompare propose une solution utilisant le paradigme de RANSAC³. Cet algorithme détaillé par [Schnabel et al., 2007] est une méthode itérative permettant d'estimer les paramètres d'un modèle représentant une forme dans un ensemble de points 3D contenant des données aberrantes. Nous avons pu constater des résultats assez hétérogènes dans chaque combinaison de paramètres testée. Les câbles caténaires étant relativement fins, il pourra être envisagé, comme autre solution, une modélisation des câbles par des lignes.

En plus des solutions testées précédemment, d'autres méthodes d'automatisation d'extraction pourront être envisagées. Nous pouvons notamment citer le *machine learning*⁴. Il s'agit d'une méthode de reconnaissance d'objets basée sur l'apprentissage. Elle fonctionne grâce à une base de données de références associant

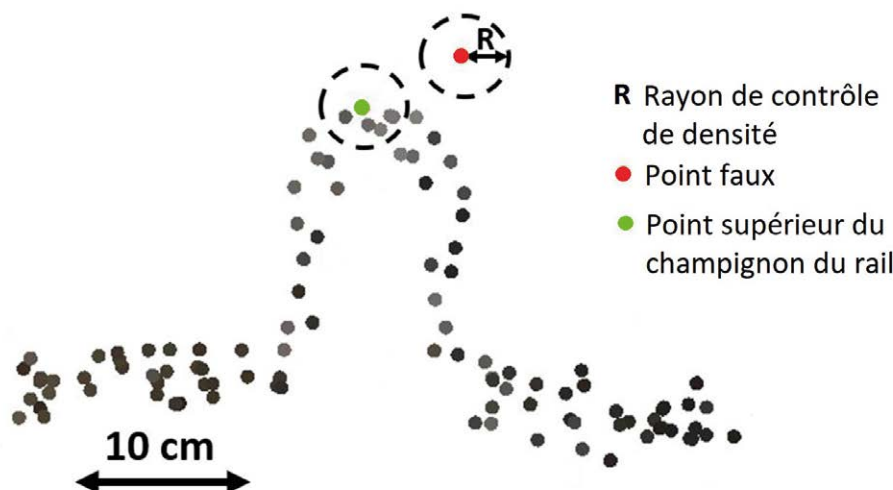


Figure 4. Test de densité sur un champignon de rail

³ RANdom SAMple Consensus

⁴ Méthode de reconnaissance d'objets basée sur l'apprentissage.



ensemble différentes versions d'un même objet. Cette banque de données permet à l'algorithme de détecter par la suite les objets similaires dans des nuages de points.

De plus, l'extraction des rails donnant déjà aujourd'hui de bons résultats, ils pourront être utilisés comme référence pour l'extraction des autres éléments composant le mobilier ferroviaire. En effet, comme dans cet environnement tous les éléments sont positionnés par rapport aux rails et sont très normés, nous pouvons envisager l'automatisation de leur extraction. Les rails formeront ainsi une zone de recherche restreinte dans laquelle pourront être détectés tous les éléments du mobilier ferroviaire qui s'y situent habituellement.

Validation de l'extraction

Une fois les points extraits, plusieurs contrôles sont effectués sur chaque profil de la voie. Les contrôles d'écartement des rails et de pente avaient déjà pu être mis en place. Mon étude s'est concentrée sur la mise en place du contrôle de dévers. Le dévers correspond à la différence d'altitude entre les deux rails d'une même voie. Sa valeur est directement liée à la vitesse maximale autorisée sur la voie et à son rayon de courbure. Sa valeur théorique est fixée par la formule issue des référentiels de SNCF [1]. A partir de celle-ci

j'ai pu fixer une tolérance de ± 1 cm qui permettra de détecter d'éventuelles erreurs d'extraction.

Pour confirmer le choix de cette tolérance, les valeurs de dévers théoriques ont été comparées à des valeurs calculées à partir de points extraits par AltaTrack (Figure 6). Nous constatons que la plupart des valeurs de dévers calculées respectent la tolérance déterminée précédemment.

Les valeurs calculées supérieures à la tolérance, situées vers le centre du graphique, correspondent à l'emplacement de pont ou de passage à niveau où l'extraction des points de rails est plus hasardeuse. Ces zones présentent, en raison de la configuration (présence de masques liés à l'ouvrage, etc.), des densités de points plus faibles ou un bruit plus important qui influencent négativement l'extraction de rails.

Si la connaissance automatique des vitesses maximales des voies traitées reste encore à établir, le contrôle de dévers permettra, une fois mis en place, de garantir une qualité de contrôle des points extraits encore meilleure.

■ Digitalisation 3D

Afin de réduire les temps de traitement pour le report des données 3D, une nouvelle méthode de report semi-automatisée a été testée au travers d'un outil proposé par le module TerraScan et décrite par [Forrlor, 2017]. Les rails et

les caténaires pouvant être traités avec AltaTrack, les tests se sont concentrés sur les éléments nécessitant encore aujourd'hui un report avec la méthode manuelle. Suivant l'environnement d'extraction et les points à extraire, trois catégories d'objets ont pu être identifiées :

- les points de niveau situés sur de la voirie, des zones en terre, de la végétation basse ;
- le point au sol des objets verticaux : bâtiments, poteaux ;
- les points supérieurs des caniveaux à câbles.

Ces objets nécessitent une précision de 2 à 5 cm en planimétrie et de 5 à 10 cm en altimétrie. La méthode proposée par TerraScan se base sur l'utilisation combinée d'une ortho-image et du nuage de points de la zone à reporter. Elle consiste, pour chaque point digitalisé sur l'ortho-image, à extraire l'altitude de son point correspondant dans le nuage suivant la zone de recherche et la méthode d'extraction choisies par l'utilisateur. Afin d'évaluer la précision de cette nouvelle méthode, celle-ci a été comparée à l'extraction manuelle, définie en tant que référence. La différence entre ces deux méthodes étant uniquement la détermination de l'altitude des points, seule celle-ci sera étudiée. Les écarts du Tableau 3 page suivante ont été calculés sur des échantillons de plus d'une

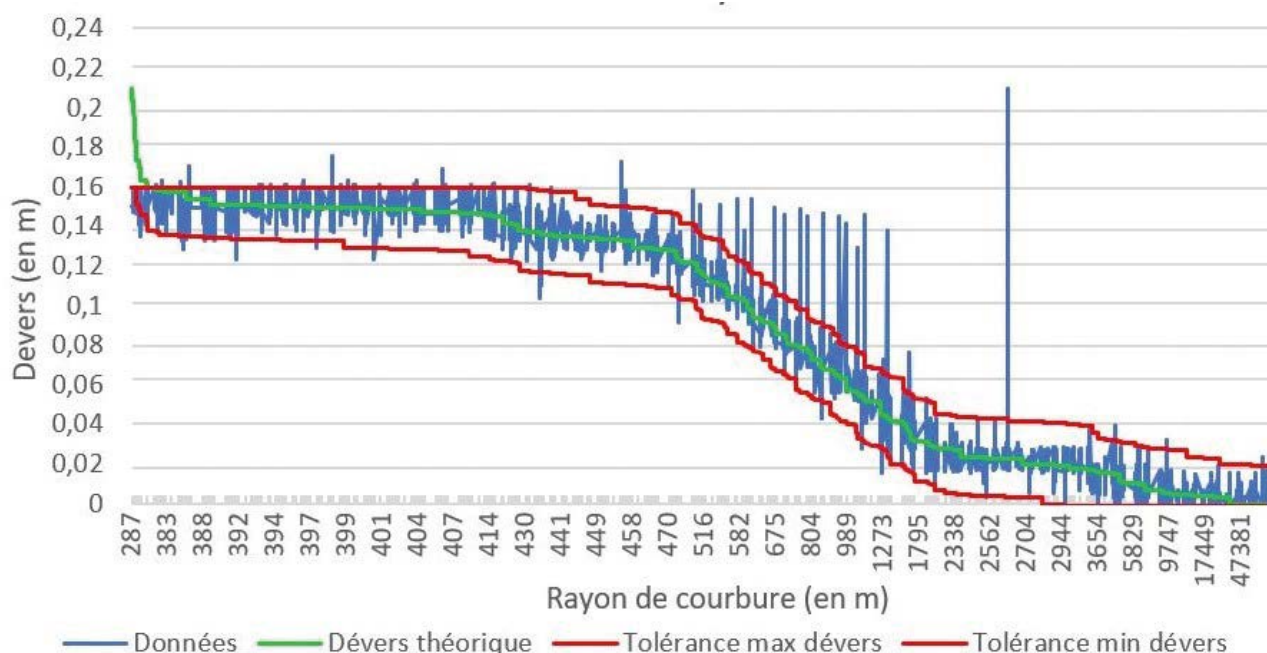


Figure 6. Dévers en fonction du rayon de courbure sur une voie limitée à 160 km/h



| Types d'objets | Méthode d'extraction | Voisinage (en m) | | Points extraits correctement | | Origines des fautes | Écarts DZ sur les points correctement extraits (en m) | | | | | |
|--------------------|----------------------|------------------|-----|------------------------------|-----|--|---|-------|---------------|------|------------|------|
| | | | | | | | Moyenne | | Moyenne (Abs) | | Écart-type | |
| Points de niveau | Point le plus bas | 0.05 | | 97% | | Egouts dans la zone de recherche, végétation | -0.01 | | 0.02 | | 0.02 | |
| Objets verticaux | Point le plus bas | 0.05 | 0.1 | 72% | 87% | Végétation, faible densité de points | 0 | -0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| Caniveaux à câbles | Point le plus haut | 0.05 | | 91% | | Câbles ou poteaux dans la zone de recherche | 0.01 | | 0.01 | | 0.03 | |

Tableau 3. Paramètres et résultats des tests effectués

centaine de valeurs pour chaque type d'élément. Afin de déterminer les paramètres les plus adaptés pour l'extraction de chaque type d'objet, plusieurs tests ont été réalisés (*Tableau 3*). Les points faux extraits conduisant à des écarts de plusieurs dizaines de centimètres pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres ont été supprimés avant de réaliser l'analyse de précision.

Les écarts obtenus sur les points correctement extraits étant inférieurs aux tolérances, les méthodes pourront être validées sous condition de supprimer les fautes lors des extractions. Pour cela, différentes méthodes pourront être mises en place. Une classification des points du sol pourra être réalisée pour limiter le risque d'extraction de points n'appartenant pas au sol, mais le résultat dépendrait cependant de la qualité de la classification et rajouterait une étape supplémentaire. Ensuite, l'utilisation d'un diagramme de répartition des altitudes des points dans chaque zone de recherche pourra permettre d'identifier les pics correspondants aux altitudes du sol ou des toits de bâtiments par exemple et d'extraire le point désiré. Enfin, dans le cas des caniveaux à câbles, avant d'extraire le point le plus haut, un filtre ne conservant que les points sous une certaine altitude par rapport au point le plus bas de la zone pourra être utilisé.

Aide à la génération des plans

En complément des recherches précédentes, mon étude s'est également concentrée sur la mise en place et l'intégration de différents outils pour faciliter et contrôler la génération de livrables.

■ Outils d'extraction de données

A partir des polygones 3D extraites d'AltaTrack, les dessinateurs doivent

dessiner des profils altimétriques indiquant les altitudes des rails. Ce travail auparavant réalisé manuellement a pu être remplacé par l'utilisation d'un nouvel outil. L'algorithme choisi permet d'insérer des points 3D aux intersections entre une polygone 2D et toutes les polygones 3D qu'elle croise. Les altitudes des nouveaux points sont interpolées à partir des sommets de ces polygones 3D. L'outil a été adapté afin de correspondre le mieux possible aux besoins des dessinateurs. Une extension d'un outil d'insertion d'ortho-image a également pu être mise en place afin de pouvoir gérer les calques d'insertion des données.

Le logiciel AltaTrack permet d'obtenir pour chaque voie ferrée extraite l'emplacement des rails et du câble caténaire. Plusieurs grandeurs géométriques régulièrement demandées par les clients, peuvent être déduites de ces données telles que :

- l'écartement des rails ;
- le dévers ;
- la hauteur du caténaire ;
- le désaxement du caténaire.

Le fichier initial d'export renvoyait uniquement les coordonnées 3D des points de rails et caténaires sous la forme d'un tableur. Celui-ci a été complété avec les formules de ces différentes grandeurs géométriques, afin de les obtenir automatiquement à chaque exportation de données.

Automatisation de la mise en forme

Le logiciel de dessin utilisé par ALTAMETRIS n'est pas orienté spécifiquement vers le domaine du ferroviaire. Il n'est donc pas toujours bien adapté

aux besoins des dessinateurs. Le développement d'outils spécifiques supplémentaires permet de répondre à des besoins ciblés afin de gagner en temps et en cohérence sur la réalisation des livrables.

Dans cette optique, un fichier gabarit et une bibliothèque de symboles dynamiques ont été mis en place. Cette dernière permet tout d'abord d'avoir une bibliothèque de symbole unique pour l'ensemble des dessinateurs. De plus, les symboles dynamiques permettent d'avoir plusieurs versions d'un symbole sous un même bloc permettant ainsi de faciliter ses modifications une fois qu'il est inséré et d'alléger la bibliothèque (*Figure 7*) page suivante.

Conclusion

Les travaux réalisés ont tout d'abord permis d'établir un schéma précis des procédures de report actuellement utilisées au sein d'ALTAMETRIS et de faire un bilan des outils disponibles. Les recherches réalisées par la suite ont permis d'identifier les points d'optimisation. A partir de cette étude, une nouvelle méthode de report automatisée a été testée et au vu des résultats obtenus, nous pouvons affirmer que l'utilisation des méthodes proposées présente, pour certains types d'objets, un gain de temps pour le report sans en diminuer la précision. Les techniques d'extraction et de contrôle du logiciel de report développé en interne ont été optimisées.

Par la suite, l'ensemble des méthodes d'extraction validées dans le cadre du projet devront être industrialisées. Afin d'éviter l'utilisation d'un nouveau logiciel dans la chaîne de traitement,



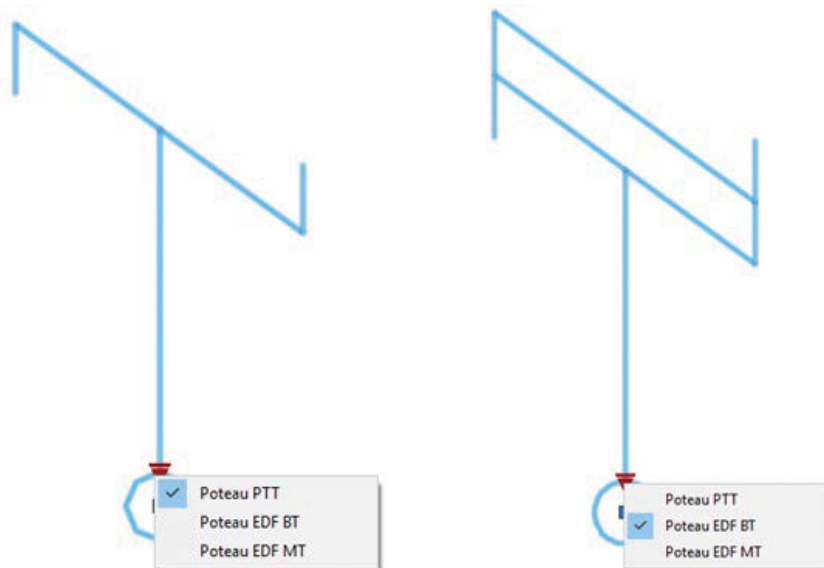


Figure 7. Symbole dynamique d'un poteau électrique non ferroviaire

les techniques d'extraction pourront être intégrées à AltaTrack. En effet, la souplesse de développement de celui-ci pourra permettre leur implémentation et leur optimisation.

Le développement de nouveaux outils automatisés et l'amélioration des outils existants constitue un enjeu qu'il convient de poursuivre constamment, afin de pouvoir continuer à améliorer les procédures de report des données. Les recherches d'automatisation devront donc persévérer pour mettre en place de nouveaux outils d'extraction grâce à l'utilisation de nouvelles méthodes telles que le machine *learning*. ●

Contact

Marion HINAUX
marion_hinaux@orange.fr

Bibliographie

[Arastounia, 2015] Arastounia, M. (2015). *Automated Recognition of Railroad Infrastructure in Rural Areas from LIDAR Data*. Remote Sensing.

[Chiba and Suzuki, 2008] Chiba, T., Kaneta, S. and Suzuki, Y. (2008). *Red relief image map: new visualization method for three dimensional data*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

[cloudCompare, 2012] CloudCompare
(2012). *Manuel d'utilisateur de la version 2.4*.
URL : <https://www.danielgm.net/cc/doc/qCC>, consulté le 22-08-2018

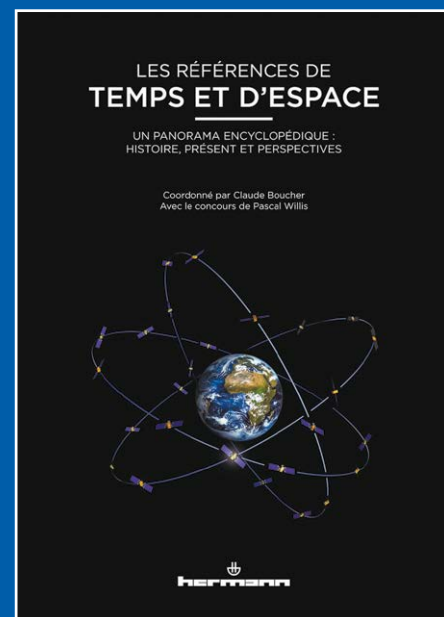
[Forrler, 2017] Forrler, M. (2017).

Développement d'un processus de traitement de données « Mobile Mapping » pour la production d'un livrable type PCRS (Plan de corps de Rue Simplifié). Mémoire de master, INSA de Strasbourg - Futurmap. [Schnabel et al., 2007] Schnabel, R., Wahl, R., and Klein, R. (2007) *Efficient RANSAC for point-cloud shape detection*. Computer Graphics Forum, 26(2) :214-226.

ABSTRACT

Key words: LiDAR - photogrammetry - drones - points cloud - railway environment - report - automation

The optimization of topographic deliverables production (topographical maps, specific data extraction, etc.) in railway environment is today an important issue for ALTAMETRIS, a subsidiary of SNCF Réseau. Indeed, while current LiDAR survey and photogrammetry methods can quickly acquire large amounts of data, their processing is complex and long and requires optimizations. This study is part of the research automation of these procedures and more specifically in the data transfer phase. The work carried out made it possible to establish a balance sheet of the treatment chain set up and to identify the points to be improved. A new automated reporting method has been tested, a home-made software for extraction and control optimized and the process of data analysis established and validated.



**COMMANDEZ "LES RÉFÉRENCES
DE TEMPS ET D'ESPACE"
AU PRIX DE 35,00 €
17 x 24 cm, 484 pages
frais de port inclus (France)**

M/Mme Nom :

Prénom :

Société ou organisme : _____

Adresse :

Code postal :

Ville :

Tél.: | | | | | | | | | |

Fax : | | | | | | | | | |

Courriel :

Date :

Signature

**Bulletin de commande à retourner
accompagné d'un chèque
à l'Association française de topographie**
73, avenue de Paris - 94165 SAINT-MANDÉ
Cedex – Tél. : +33 (0) 1 43 98 84 80

**Achat également sur Internet :
www.aftopo.org**