



Qualification de la précision de données topographiques issues d'acquisitions par méthode scanner laser dynamique ferroporté

■ Audrey JACQUIN

SNCF Réseau gère un réseau ferroviaire qui s'étend sur 33 000 kilomètres de lignes, représentant l'un des réseaux les plus denses d'Europe en termes de circulation. Afin d'assurer la sécurité des biens et des personnes, la surveillance de l'ensemble du Réseau Ferré National est un enjeu majeur. La cartographie mobile apparaît donc comme une solution évidente, offrant une productivité élevée et des conditions de travail idéales d'un point de vue de la sécurité. En effet, le milieu ferroviaire est un environnement à fortes contraintes en termes de sécurité et l'emploi d'une technologie permettant de limiter l'intervention directe du personnel sur les voies est un avantage certain. Cet article présente l'étude de précision qui a été menée sur le scanner laser dynamique acquis par SNCF Réseau à l'été 2013, dans le but de valider – ou non – son utilisation pour la surveillance du réseau à condition qu'il permette d'atteindre la classe de précision de 5 centimètres fixée par le cahier des charges.

■ MOTS-CLÉS

Scanner laser dynamique,
Scanner laser statique,
Points d'appui,
Exactitude, Contrôle
qualité, Arrêté de 2003

avons premièrement déterminé la précision absolue pouvant être atteinte par ce scanner laser dynamique ferroporté et défini les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. Puis nous avons mené une réflexion visant à mettre en place une méthode de contrôle qualité des données, conformément à l'arrêté de 2003 portant sur les classes de précision. [Kasser, 2003].

Relevés par méthode scanner laser dynamique ferroporté

■ Le système VMX-450 Rail

Le VMX-450 Rail est un système mobile qui a été adapté au milieu ferroviaire à différents niveaux. La distinction majeure avec le modèle routier concerne les scanners lasers, qui disposent d'une sensibilité élevée permettant d'acquérir des données sur les rails puisqu'en temps normal leur surface très réfléchissante ne permet pas d'avoir un signal rétrodiffusé suffisamment important. Néanmoins, les données produites sont davantage bruitées puisque les scanners acquièrent désormais des points sur les surfaces ayant une moins bonne réflectance.

Les données sont acquises par le scanner laser dynamique, fixé sur un wagon plat et transporté par un locotracteur dans lequel se trouve l'alimentation du système ainsi que le dispositif de pilotage de l'appareil et de stockage des données, (Cf. Figure 1).

Le système est composé de deux scanners laser Riegl VQ-450 qui effectuent les mesures des voies et des

Contexte

La division Assistance Travaux et Topographie (ATT) de la direction Ingénierie et Projets de SNCF Réseau est chargée de réaliser les levés topographiques 3D concernant les voies, les gares, les ouvrages d'arts, etc. Elle est en charge de déployer des techniques émergentes en complément de la topographie traditionnelle afin de répondre rapidement aux missions de grandes échelles qui lui sont confiées. La division a donc fait l'acquisition d'un scanner laser dynamique ferroporté de type Riegl VMX-450 Rail.

Bien que les scanners laser dynamiques aient déjà fait leurs preuves en milieu routier et que leur précision ait déjà été évaluée pour cette utilisation [Haala et al., 2008], les scanners laser dynamiques ne sont montés que depuis peu sur rail. Le milieu ferroviaire représente un environnement

contraignant pour les interventions, ce qui en fait un monde à part et plus complexe (présence des caténaires qui peuvent engendrer des perturbations électromagnétiques, faibles variations de parcours, faible réflectance des rails, etc.). Ces phénomènes ne sont pas usuellement pris en compte dans la modélisation rigoureuse des erreurs impactant des systèmes LiDAR utilisés en routier et en aérien afin d'en déduire leurs précisions [Glennie, 2007]. Une étude de précision était donc nécessaire, la précision relative du système a été évaluée par [Choquart, 2014]. Il en ressort que le système répond aux exigences de mesures et de contrôles des gabarits SNCF et confirme la précision relative annoncée par le constructeur, à savoir ± 5 millimètres.

Ce projet de fin d'étude avait pour objectif d'étudier le positionnement absolu des données acquises. Nous



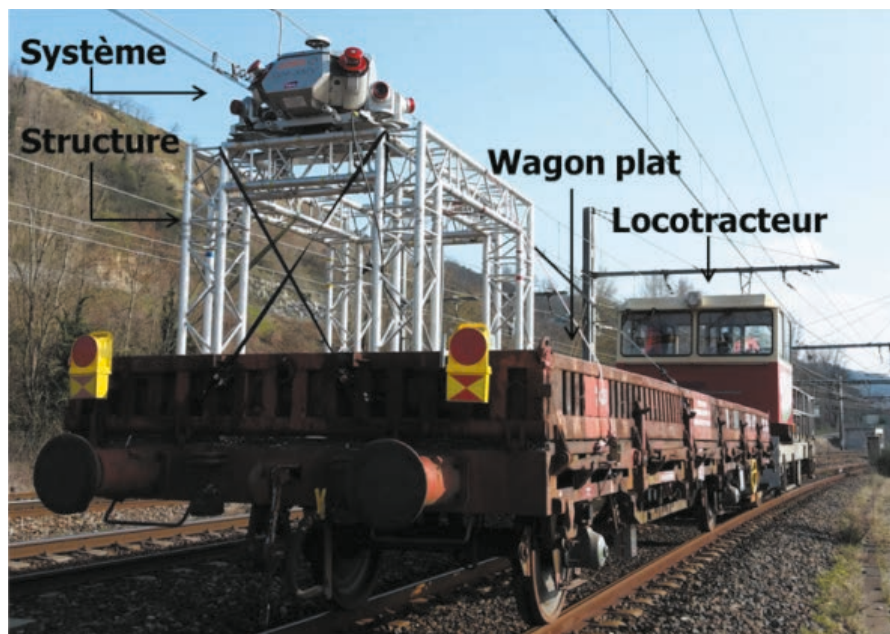


Figure 1. Système d'acquisition monté sur un wagon plat.

abords avec une configuration en forme de "X" afin de minimiser les zones masquées (Cf. Figure 2), de quatre caméras permettant une meilleure analyse du nuage de points et de capteurs dédiés à la trajectographie. Parmi ces capteurs, une antenne GNSS Trimble et une centrale inertielle Applanix agissent de façon complémentaire. Les mesures GNSS déterminent la position du système et la centrale inertielle mesure ses accélérations et les angles d'attitudes à une fréquence plus élevée, permettant de densifier la trajectoire et de palier les coupures GNSS. De plus, un odomètre optique adapté au wagon détecte les phases d'arrêts et de mouvements, permettant de compenser une partie des dérives de la centrale inertielle. Les acquisitions sont réalisées à une

vitesse maximale de 60 km/h afin de respecter une densité d'environ 500 points par mètre carré à une distance de 20 mètres des scanners laser.

■ Géo-référencement des données LiDAR

1. Calcul de la trajectoire :

Le calcul de la trajectoire est une étape cruciale dans le traitement des données puisque toutes les étapes qui suivent en dépendent. Elle est calculée en post-traitement à l'aide du logiciel POSpac MMS d'Applanix qui propose différentes méthodes de calculs, en s'appuyant sur les stations de base mises en place pendant l'acquisition ou sur les stations permanentes du réseau GNSS Permanent (RGP), disponibles à proximité de la zone de levé.



Figure 2. Représentation de la configuration des scanners laser VQ-450 en forme de "X".

2. Combinaison des données LiDAR avec la trajectoire :

Les données LiDAR sont ensuite géo-référencées en fusionnant le nuage de points avec la trajectoire calculée à l'aide du logiciel RiPROCESS de la société Riegl.

3. Recalage absolu des données :

Afin d'augmenter la cohérence des données avec la réalité terrain et de respecter la classe de précision absolue de 5 centimètres fixée par le cahier des charges pour les relevés ferroviaires, on réalise un recalage absolu des données à partir de points d'appui. La trajectoire et le nuage de points sont contraints sur des points d'appui dont les coordonnées (centre de la cible) sont déterminées par méthode RTK classique améliorée, c'est-à-dire que nous réalisons un "filtrage et moyenne de positions RTK" qui se rapproche de la méthode décrite dans [Legros et al., 2012]. Dans notre cas, on acquiert un volume d'observations plus important qu'en RTK classique en réalisant 4 observations de 30 secondes à 1 hertz, afin de fiabiliser les résultats en éliminant les observations aberrantes et en moyennant les positions obtenues. Le mobile est fixé sur un tripode pour plus de stabilité et de précision. L'erreur de centrage de la bulle de la nivelle sphérique est corrigée en pivotant la canne de 180° entre chaque période d'observations et à l'issue des deux premières périodes d'observations, la réception des signaux GNSS est coupée afin d'effectuer une nouvelle initialisation (fixation des ambiguïtés entières).

Finalement, nous réalisons des contrôles relatifs et absolus en stationnant des points connus en coordonnées afin de valider la qualité du levé. Nous effectuons le maximum de contrôles possibles en milieu ferroviaire mais les contraintes qu'il impose ne permettent pas d'effectuer une réoccupation sous une constellation GNSS différente ou d'effectuer des sessions d'observations plus longues. Une bonne répartition des points d'appui est nécessaire afin d'assurer un géo-référencement homogène sur l'ensemble de la zone levée. On respectera une certaine disposition des points, à savoir : à intervalles réguliers (selon spécifications), en encadrant

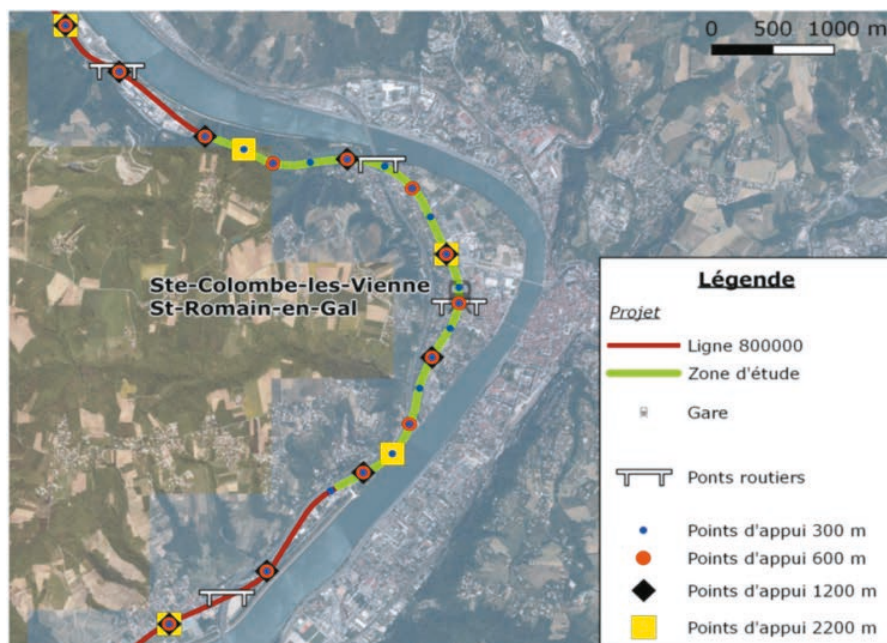


Figure 3. Visualisation de l'environnement de la zone d'étude et de la disposition des points d'appui.

les ouvrages (tunnels, ponts routiers, etc.) et en alternant leur mise en place de part et d'autre des voies.

4. Recalage relatif des données :

Malgré le recalage absolu des données, des écarts peuvent subsister entre les nuages de points acquis dans le sens aller puis retour. La mise en correspondance des nuages se fait par identification semi-automatique de points et géométries homologues dans les deux nuages de points, en planimétrie et en altimétrie. Pour ces étapes, nous utilisons l'appliquet TerraMatch de TerraSolid.

Évaluation de la précision absolue des données

Afin d'exploiter le potentiel de cette technologie, il est nécessaire d'évaluer la précision du géo-référencement des données par rapport à la réalité terrain. Dans le cadre de notre étude, le cas spécifique des tunnels n'a pas été traité pour des raisons de contraintes terrains (il n'a pas été possible d'interrompre la circulation des trains, dispositif obligatoire pour travailler en tunnel).

■ Échantillon de données

Pour réaliser cette étude, nous avons effectué des acquisitions en région

Rhône-Alpes et nos expérimentations se sont concentrées sur une portion de 5 km de la ligne 800 000 (Cf. figure 3). Elle offre un environnement varié avec la présence entre autre de ponts routiers et d'une zone urbaine ce qui permet de fournir des résultats représentatifs de la plupart des levés et non d'un cas idéal. Les acquisitions ont été réalisées dans les deux sens de circulation afin d'effectuer les observations sous une constellation GNSS différente et de compenser les éventuels masques présents dans le nuage de points en cas de croisement avec un train. Dans la zone d'étude, des points d'appui ont été disposés à intervalle de 300 m. Cet intervalle représente la densité la plus importante de points que nous étions capable de mettre en place compte tenu des contraintes terrains et économiques.

■ Expérimentations menées

Trajectoire initiale avant recalage

Le calcul de la trajectoire est une étape

cruciale puisque les données LiDAR sont ensuite attribuées à cette trajectoire. Dans un premier temps nous avons évalué la précision de la trajectoire initiale (avant recalage sur points d'appui) en fonction des méthodes de calcul proposées par le logiciel POSPac MMS. Les trajectoires obtenues sont comparées par rapport à une trajectoire de référence qui a été recalée à l'aide de points d'appui à intervalles de 300 mètres et qui est donc plus proche de la réalité terrain. Ces comparaisons ont également permis d'évaluer la fiabilité des indicateurs de précisions estimés par le logiciel POSPac MMS concernant le calcul de la trajectoire. En effet, il est du ressort de l'ingénieur topographe de prendre du recul par rapport aux informations annoncées par les constructeurs et de mettre en place des méthodes de contrôle. Nous avons donc comparé les écarts obtenus entre les trajectoires calculées et la trajectoire de référence, par rapport aux précisions estimées par le logiciel pour les trajectoires calculées.

Trajectoire et nuage de points après recalage

Après avoir mis en évidence la méthode de calcul à privilégier, nous avons évalué la précision de la trajectoire et du nuage de points en fonction du nombre de points d'appui utilisés. La méthodologie consiste à comparer les données contraintes avec des points d'appui à intervalles différents par rapport à des données de référence. Dans un premier temps la trajectoire et le nuage de points contraints avec des points d'appui à intervalles de 300 mètres sont considérés comme étant la vérité terrain et sont pris pour référence. Nous avons évalué la précision des trajectoires et des nuages contraints avec des points d'appui à intervalles de 600 m, 1 200 m et 2 200 m par rapport à ces références.

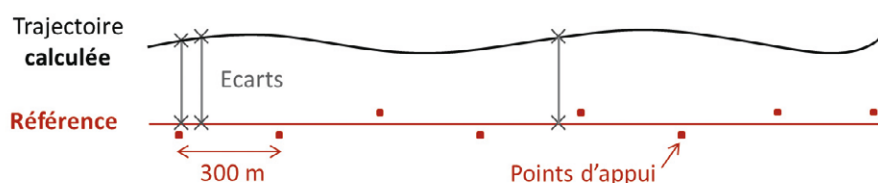


Figure 4. Représentation des écarts entre une trajectoire calculée et celle de référence.

	Planimétrie			Altimétrie		
Intervalle entre points d'appui	600 m	1200 m	2200 m	600 m	1200 m	2200 m
Ecart max (cm)	4,5	4,0	5,3	3,2	3,7	4,0
EMQ (cm)	1,2	1,3	2,2	0,7	1,1	1,8

Tableau 1. Résultats statistiques obtenus entre les trajectoires recalées avec des points d'appui à intervalles différents et la trajectoire de référence.

• **Méthode de comparaison des trajectoires :** Les trajectoires sont comparées par rapport à celle de référence en déterminant les écarts planimétriques puis altimétriques entre deux points acquis au même instant, donc pour chaque période d'observation (Cf. figure 4). Nous pouvons nous baser sur les temps d'acquisition puisque les trajectoires comparées proviennent des mêmes données brutes.

• **Méthode de comparaison des nuages de points :** Les nuages de points sont comparés grâce à la méthode « point à point ». Les écarts entre les nuages de points sont obtenus par calculs de distances d'Hausdorff tronquées à une valeur de recherche maximale fixée par l'utilisateur. Cela permet de quantifier la plus grande dissimilitude entre deux nuages sans pour autant obtenir la valeur maximale des zones de masques. Concrètement, cela consiste à définir pour un point Pn d'un nuage N1, son équivalent Pm dans un nuage N2, en limitant la recherche dans un rayon r autour du point Pn.

Comparaison à des données externes

Finalement, afin de quantifier véritablement la précision absolue des données, une étude comparative à des données externes indépendantes a été réalisée. La donnée de référence est un nuage de points acquis par scanner laser statique, dont le géo-référencement est plus précis que celui du nuage de points dynamique. L'acquisition a été réalisée avec le scanner laser HDS7000 de Leica qui a une classe de précision de 4 millimètres validée sur un banc d'étalonnage SNCF. Dans notre étude, nous quantifions l'exactitude du nuage de points acquis par scanner laser dynamique à partir des écarts en distance mesurés entre ce nuage et le nuage obtenu par scanner laser

statique. Nous employons la méthode de comparaison "point à point" utilisée pour la comparaison entre nuages de points dynamiques.

Résultats obtenus et analyses

Au niveau des trajectoires

Trajectoire initiale avant recalage

Pour l'ensemble des trajectoires calculées selon différentes méthodes (avant recalage à l'aide de points d'appui), les

courbes de précisions estimées par le logiciel POSpac MMS sont similaires et annoncent des précisions (EMQ) de l'ordre de 4 à 5 centimètres. Or, nos expérimentations ont mis en évidence des variations importantes d'EMQ entre les trajectoires calculées et la référence, en fonction de la méthode de calcul employée. De ce fait, on constate qu'on ne peut pas se fier uniquement à ce qu'indique le logiciel pour quantifier la précision de la trajectoire initiale. Les résultats annoncés sont optimistes et donc à prendre avec précaution.

Trajectoire après recalage sur points d'appui

De manière contre-intuitive, les écarts entre les trajectoires calculées avec des points d'appui à intervalles différents et la trajectoire de référence n'augmentent globalement pas de manière significative lorsqu'on augmente

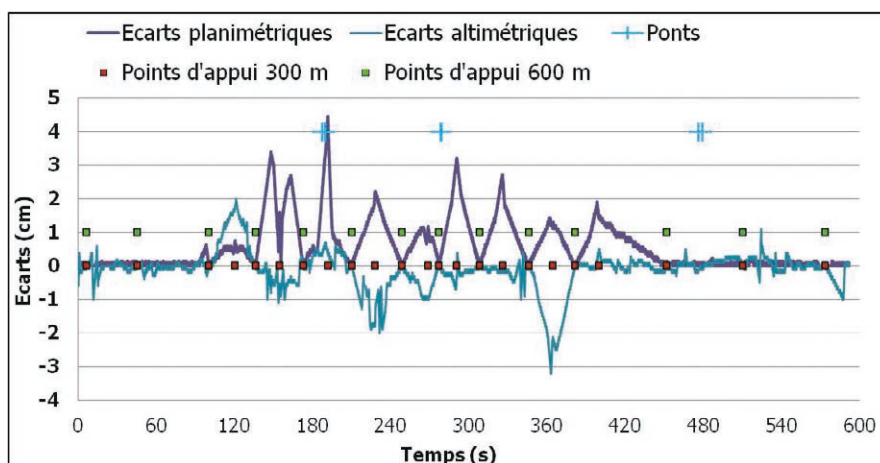


Figure 5. Écarts entre la trajectoire recalée avec des points d'appui à intervalle de 600 m et la trajectoire de référence, en fonction de la répartition des points d'appui.

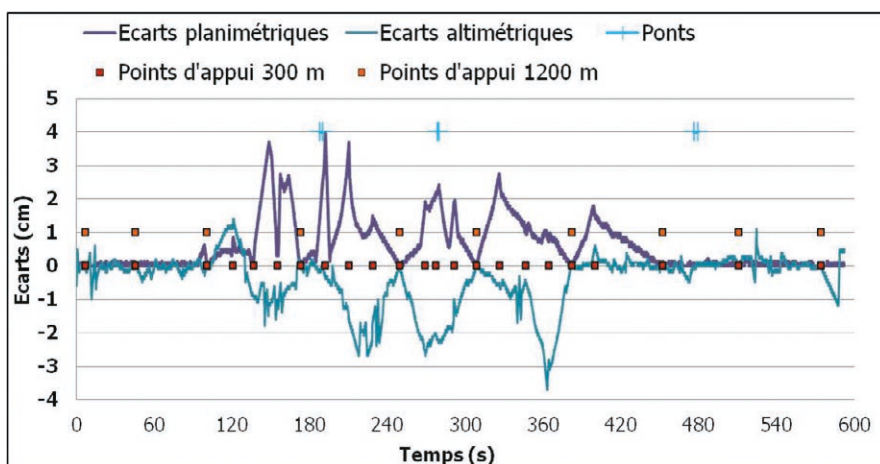


Figure 6. Écarts entre la trajectoire recalée avec des points d'appui à intervalle de 1 200 m et la trajectoire de référence, en fonction de la répartition des points d'appui.

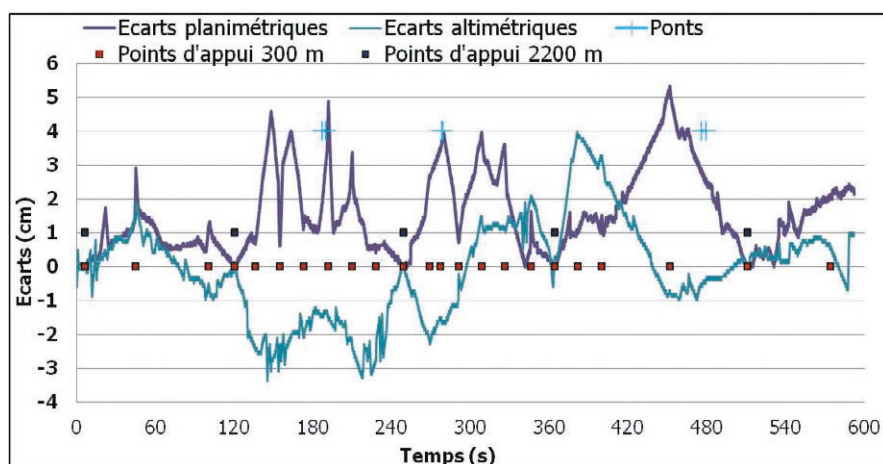


Figure 7. Ecart entre la trajectoire recalée avec des points d'appui à intervalle de 2200 m et la trajectoire de référence, en fonction de la répartition des points d'appui.

l'intervalle entre points d'appui, (Cf. figures, 5, 6 et 7). Ceci est lié à l'ajout de points homologues lors du recalage relatif des données. En effet, ils permettent de moyenniser les écarts des données acquises dans les deux sens de circulation par rapport à la réalité terrain. On visualise ce phénomène sur les figures 5, 6 et 7 lorsque l'écart diminue alors qu'il n'y a pas de point d'appui en commun avec la référence. Ces points homologues ont donc une grande importance pour la précision des données.

Dans l'ensemble, les EMQ sont relativement faibles par rapport à la classe de précision de ± 5 centimètres fixée par le cahier des charges (Cf. Tableau 1).

On constate que pour la trajectoire recalée avec des points d'appui à intervalle de 2 200 mètres, la plupart des écarts maximaux en planimétrie sont compris entre 4 et 5 centimètres (Cf. Figure 7 et Tableau 1), donc on se rapproche de la classe de précision attendue. Ainsi, nous pouvons mettre en évidence qu'il ne faudra pas dépasser un intervalle de 2 kilomètres entre points d'appui. Les intervalles de 600 mètres et 1 200 mètres sont quant à eux satisfaisants et similaires.

■ Au niveau des nuages de points

Les comparaisons effectuées entre les nuages de points issus de LiDAR dynamique ont montré que l'on obtient des écarts similaires en comparant les trajectoires et les nuages de points. Les comparaisons effectuées par

rapport au nuage de points statique ont montré que les intervalles de 300 et de 600 mètres sont satisfaisants et que l'exactitude des nuages de points à intervalle de 1 200 mètres est d'environ 3 à 4 centimètres dans un milieu GNSS qui n'est pas le plus favorable et d'environ 6 centimètres dans une zone masquée par un ouvrage.

■ Solutions retenues

En définitive, on envisage une disposition des points d'appui à intervalle de 1 kilomètre dans les zones dégagées, correspondant au nombre minimal de points d'appui pour répondre aux exigences de précision fixées par le cahier des charges pour les relevés ferroviaires. Dans les milieux GNSS défavorables (milieux confinés, successions de passages sous ouvrages etc.), on privilégiera un intervalle entre points d'appui d'environ 500 mètres. Par rapport aux prévisions théoriques, le coût entraîné par la réduction de l'intervalle à 500 mètres sera deux fois plus important que celui estimé pour l'intervalle de 1 kilomètre ; cependant ce surcoût ne s'appliquera globalement que sur une portion restreinte des acquisitions.

La modification de l'intervalle entre les points d'appui est indispensable dans ces milieux GNSS défavorables afin de pouvoir garantir une précision homogène du nuage de points conformément à celle prescrite par le cahier des charges qui est de ± 5 centimètres selon les trois composantes x, y et z.

Contrôle qualité des données

Une réflexion a été menée afin de mettre en place une méthode permettant à SNCF Réseau d'effectuer le contrôle des données produites en interne et par ses sous-traitants. Nous avons proposé et évalué deux méthodes afin d'appliquer l'arrêté de 2003 portant sur les classes de précision, en tenant compte des contraintes du milieu ferroviaire et du linéaire important à contrôler.

■ A partir de points de contrôles

Une première méthode de contrôle proposée consiste à mesurer des points de contrôles complémentaires, matérialisés par les mêmes cibles que les points d'appui. Nous avons opté pour déterminer les points de contrôle par mesures GNSS RTK améliorées, comme pour les points d'appui (méthode décrite précédemment). Cette méthode s'avère plus appropriée qu'un levé topographique de précision au tachéomètre puisqu'elle offre un bon compromis entre la rapidité de mesure et la précision fournie.

Les écarts entre les coordonnées des points contrôlés et des points dans le nuage sont ensuite calculés et doivent respecter les trois conditions du modèle standard de l'arrêté pour valider la classe de précision. Nous choisissons d'appliquer le modèle standard puisque le gabarit d'erreur est utilisé dans le cas où l'on souhaite établir un modèle en dehors de toute considération statistique [Kasser, 2003], ce qui n'est pas notre cas. Les levés GNSS étant moins précis en altimétrie qu'en planimétrie, nous dissociions les écarts planimétriques et altimétriques. Concernant l'échantillon de points à contrôler, nous l'avons fixé à 1 point pour 5 ou 10 kilomètres d'acquisitions suivant l'environnement.

L'arrêté de 2003 portant sur les classes de précision impose une méthode de contrôle au moins deux fois plus précise que la classe de précision à contrôler (coefficient de sécurité). Il s'agit d'un critère important dans le choix de la méthode de contrôle à employer. Les travaux de [Legros et al.,





2012] annoncent que la méthode de positionnement GNSS RTK par "filtrage et moyenne" permet d'atteindre une précision de 2-3 centimètres et prend en compte le fait que les conditions d'observations ne sont pas forcément optimales. Nous n'appliquons pas exactement cette méthode du fait des contraintes du milieu ferroviaires qui ne permettent pas d'effectuer une véritable réoccupation des points. Malgré les précautions prises par rapport à la méthode RTK classique, selon l'environnement dans lequel se font les acquisitions, la précision RTK risque d'être dégradée et le coefficient de sécurité ne pourra être respecté. Ainsi, dans certains cas, le contrôle ne sera pas conforme à l'arrêté de 2003 portant sur les classes de précision, ce qui constitue une limite à cette méthode.

■ A partir de nuages de points statiques

Une seconde méthode consiste à contrôler le nuage de points dynamique en effectuant une comparaison avec un nuage de points statique géo-référencé de manière plus précise. Le rattachement du nuage de points statique est réalisé par géo-référencement indirect avec une consolidation basée à partir de cibles et de sphères. La détermination des coordonnées des cibles se fait par GNSS différentiel post-traité. Le temps d'observation des points est déterminé en fonction de leur distance par rapport aux stations de référence. Il est fixé à 10 minutes, auxquels on ajoute une minute par kilomètre de ligne de base et 1 minute par 100 mètres de dénivelés avec les stations de références. [Legros et al., 2012]. Le rattachement de ces points en post-traitement se fait par rapport aux stations du RGP. Cette méthode permet de respecter un coefficient de sécurité de 2 par rapport à la classe de précision tridimensionnelle de 5 centimètres à contrôler.

Puisque l'arrêté de 2003 s'applique aux objets géographiques, la méthode de comparaison la plus conforme à l'arrêté consiste à considérer chaque point comme un objet ponctuel et à calculer les écarts entre les points homologues des deux nuages. Ces écarts sont

calculés par un algorithme robuste de recalage de nuages de points nommé "*Global Optimal-ICP*", qui a été proposé récemment dans la littérature par [Yang et al., 2010] et qui garantit une convergence vers un minimum global. Il s'agit d'une amélioration de la méthode ICP (Iterative Closest Point) puisqu'il permet de pallier le problème de convergence vers un minimum local dû à une mauvaise solution initiale. L'objectif est de déterminer la translation et la rotation entre les deux nuages de points afin d'évaluer les écarts entre ces deux nuages. Les éléments de rotation et translation entre les deux nuages sont difficilement interprétables dans le cadre de l'arrêté. C'est pourquoi, une fonction a été implémentée afin d'obtenir les distances pour chaque point des nuages comparés. Dans notre cas, ces

distances euclidiennes constituent les écarts tridimensionnels entre chaque point des nuages statiques et dynamiques. Nous choisissons de fixer un échantillon de contrôle représentant 10 % de la surface totale acquise en dynamique.

Nous avons appliqué la méthode de contrôle au nuage de points dynamique n'ayant pas subi de recalage à l'aide des points d'appui, (Cf. figure 8). Ceci nous a permis de déterminer la classe de précision du nuage de points avant recalage à l'aide de points d'appui, qui est de 35 centimètres.

■ Solution retenue

La réflexion menée pour mettre en place une méthode de contrôle a mis en évidence la difficulté d'appliquer l'arrêté de 2003 portant sur les classes



Figure 8. Visualisation des écarts entre le nuage de points statique et les nuages issus de levés dynamiques avant et après recalage, au niveau d'un poteau caténaire.



de précision à des données lasergram-métriques. Parmi les deux méthodes proposées, la méthode de contrôle par comparaison à un nuage de points statique plus précis semble être la plus adaptée. D'une part puisqu'il s'agit de comparer un même type de données (comparaison de nuages de points), ce qui permet de s'affranchir des différences d'identifications et de saisies des points pouvant intervenir entre les deux méthodes. D'autre part puisque la précision qu'elle offre permet de respecter le coefficient de sécurité minimal de 2 imposé par l'arrêté de 2003 et l'algorithme utilisé est très robuste.

Conclusion et perspectives

Du fait de leur potentiel important et des avantages de leur exploitation en milieu ferroviaire, les scanners laser dynamiques apparaissent comme une solution évidente pour la surveillance de l'ensemble du réseau. L'étude de précision absolue des données que nous avons menée confirme que le scanner laser dynamique est adapté au milieu ferroviaire et permet d'atteindre la précision absolue de 5 centimètres fixée par le cahier des charges en planimétrie et en altimétrie. Pour atteindre une telle exactitude, nous avons mis en évidence que les données nécessitent d'être recalées à l'aide de points d'appui. A partir des résultats obtenus, nous envisageons de disposer des points d'appui à intervalle de 1 kilomètre dans les zones dégagées, offrant un bon compromis entre la précision attendue et le coût de mise en place des cibles. Nous prendrons la précaution de réduire cet intervalle à 500 mètres dans les zones moins favorables à la réception GNSS afin de garantir une précision homogène du nuage de points, conformément à la prescription du cahier des charges.

Nous avons également proposé deux méthodes de contrôles des données, conformes à l'arrêté de 2003 portant sur les classes de précision. Par ailleurs, SNCF Réseau étudie de nouveaux instruments (scanners laser) beaucoup plus précis que ceux

actuellement utilisés afin de fournir un échantillon de contrôle robuste.

La fiabilité de ce processus de contrôle et de mise en conformité des données scanners par rapport à l'arrêté de 2003 est un élément crucial pour SNCF Réseau, qui se doit de contrôler à la fois les nuages de points produits en interne, mais également de contrôler et valider les nuages produits par ses sous-traitants.

Notre étude nécessite néanmoins d'être prolongée afin de pouvoir évaluer la densité minimale de points d'appui à mettre en place en cas d'absence totale et prolongée de signaux GNSS (tunnels).

Cette étude permet aussi à SNCF Réseau de pouvoir renseigner, de manière fiable, la précision dans ses bases de données contenant des nuages de points. Cela permet ainsi la mise à disposition des informations fournies par cette technologie à d'autres cœurs de métiers que la topographie au sein de SNCF Réseau. Dans cette optique, un parc informatique relié à une zone de stockage important a été mis en place et la réalisation d'un système d'information géographique 3D, voire d'un BIM ferroviaire recensant l'ensemble des acquisitions effectuées par scanner laser dynamique en "France" sont à l'étude. ●

Contact

Audrey JACQUIN

audrey_jacquin@hotmail.fr

Référence :

- [Choquart, 2014] Choquart, Q. (2014). *Intégration des systèmes d'acquisition de données topographiques par scanner laser dynamique dans les processus de mesure et de contrôle des gabarits de la SNCF*, Travail de fin d'étude, INSA de Strasbourg, 104 p.
- [Glennie, 2007] Glennie, C. (2007). *Rigorous 3D error analysis of kinematic scanning LiDAR system*, Journal of Applied Geodesy, n°1, p. 147-157.
- [Haala et al., 2008] Haala, N., Peter, M., Kremer, J., Hunter, G. (2008). *Mobile LiDAR*

mapping for 3D point cloud collection in urban areas - A performance test, IAPRS n° 37, p. 1119-1124.

[Kasser, 2003] Kasser, M. (2003). *Les nouveaux textes réglementaires français en matière de précision des levés, XYZ - Revue de l'Association Française de Topographie*, n° 96, p. 31-42.

[Legros et al., 2012] Legros, R., Morel, L., Viguier, F., Birot, F. (2012). *Méthodes de travail dans les réseaux GNSS 1^{re} partie. Le positionnement statique temps-réel par "filtrage et moyenne de positions NRTK"*. XYZ - Revue de l'Association Française de Topographie, n° 132, p. 53-59.

[Yang et al., 2010] Yang, M.Y., Forstner, W. (2010). *Plane Detection in Point Cloud Data. Technical Report n°1*, Department of Photogrammetry, Institute of Geodesy and Geoinformation, University of Bonn.

ABSTRACT

"SNCF Réseau" manages a 33.000 kilometers Railway network, which is one of the densest in Europe in terms of traffic. To ensure the safety of persons, the surveillance of this network is a major issue. Mobile mapping system appears like an obvious solution to quickly respond to their large-scale missions. This technology offers a high productivity and ideal working conditions in terms of safety. The potential of the mobile mapping system has already been proved on the roadway environment. Nevertheless, the railway field is more complex, that is why its application is still recent and the system need to be evaluated. The purpose of this project was to evaluate the accuracy of the mobile mapping system in the railway field and to establish processes to guarantee the conformity of surveying works with the decree of September 16, 2003 dealing with classes of precision. The performance of the VMX-450 Rail has been demonstrated and we have established the means to achieve an accuracy of 5 centimeters. To control the accuracy classes, the point cloud measured by Mobile Mapping System will be compared with a point cloud measured by static Terrestrial Laser Scanning.