Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande

Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes

Band: 142 (2016)

Heft: 3: Cartographie de haute précision des infrastructures routières

Artikel: Cartographie de haute précision des infrastructures routières par LiDAR cinématique

Autor: Vallet, Julien / Schaer, Philipp

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-630476

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

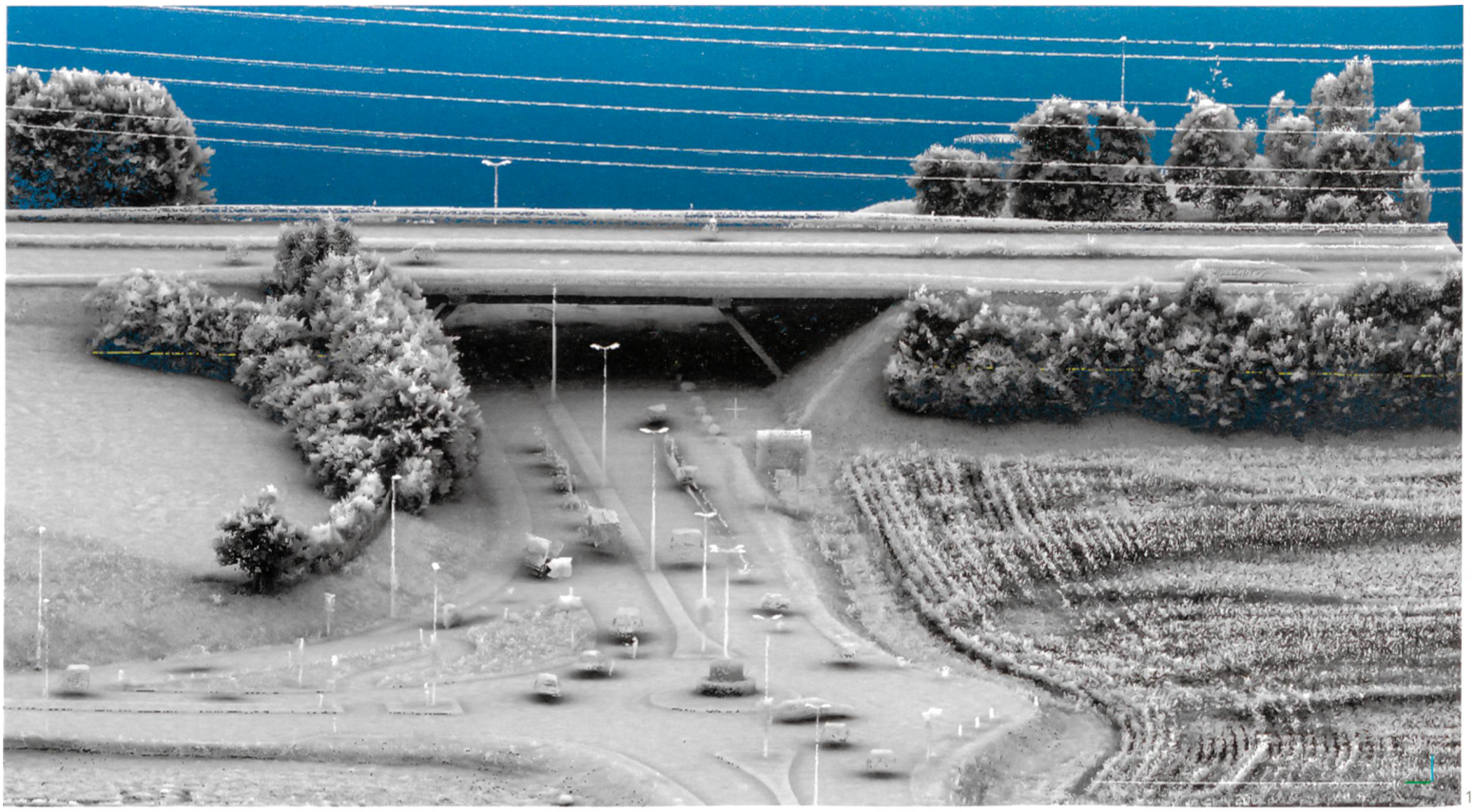
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

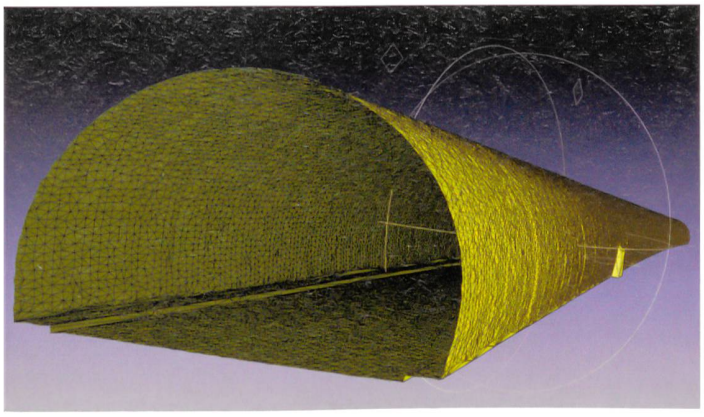


1

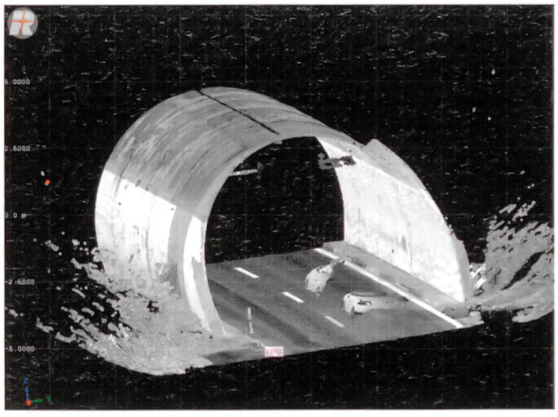
CARTOGRAPHIE DE HAUTE PRÉCISION DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES PAR LIDAR CINÉMATIQUE

Le relevé de deux tronçons routiers pour le compte de l'OFROU a permis de quantifier la performance en termes de précision de la combinaison de LiDAR aérien et terrestre avec une centrale inertielle. Le premier tronçon, long d'environ 13 km, correspond au tracé de l'autoroute A9 entre Lausanne Sud et Vennes avec en complément les tunnels entre Vennes et Chexbres. Le second, plus spécifique aux longs tunnels, est la galerie de 5 km sur la route du Grand-Saint-Bernard entre Bourg-Saint-Pierre et Bourg-Saint-Bernard.

Julien Vallet et Philipp Schaer



2



3

4

Densité de calage (km-sec)	Ecart max. XY [m]	Ecart max. Z [m]
Sans point ~5 min de coupure	5	1,2
1 point chaque km ~70 sec de coupure	0,2	0,1
1 point chaque 400-500 m ~32 sec de coupure	0,05	0,02
1 point chaque 200 m ~15 secondes de coupure	0,04	0,02

5

1 Assemblage des nuages aérien et terrestre d'un passage sous autoroute
2 Modèle maillé 3D du tunnel de Criblette (A9) permettant d'extraire n'importe quel profil en travers le long de l'axe.
3 Nuage de points 3D, coloré selon l'intensité du retour du signal LiDAR
4 Mise en plan de la digitalisation 3D
5 Résidus maximum sur les points de calage non utilisés dans le recalage de la trajectoire (contrôle indépendant)

Le relevé de la partie non couverte de l'autoroute A9 entre Lausanne Sud et Vennes a été réalisé en avril 2014 en combinant LiDAR héliporté et LiDAR terrestre. Les données relatives aux tunnels ont été acquises séparément en janvier 2014. Les points de calage, au nombre de 45, ont été placés tous les 300 m et mesurés par GPS statique.

Les produits fournis à l'issue du traitement sont les suivants:

- modèle numérique de terrain (MNT) sur 100 m de large avec lignes de rupture et bords de route (pour déterminer l'axe);
- modèle 3D maillé des passages supérieurs pour extraire les gabarits **(fig. 13)**;
- orthophotos pixel 2 cm **(fig. 10)**;
- modèle maillé 3D des tunnels;
- plan 3D du mobilier routier.

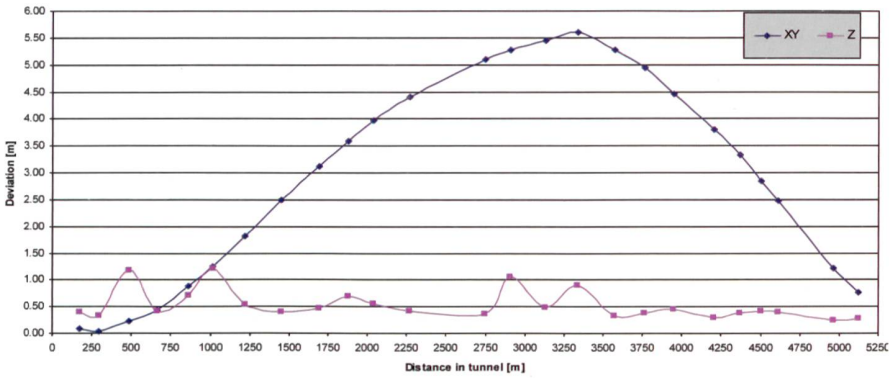
La précision du nuage de points aéroportés avant recalage a été estimée sur les points de calage (45) avec les statistiques suivantes:

- écart moyen de -0,021 m (écart systématique);
- écart-type de 0,012 m (1 sigma).

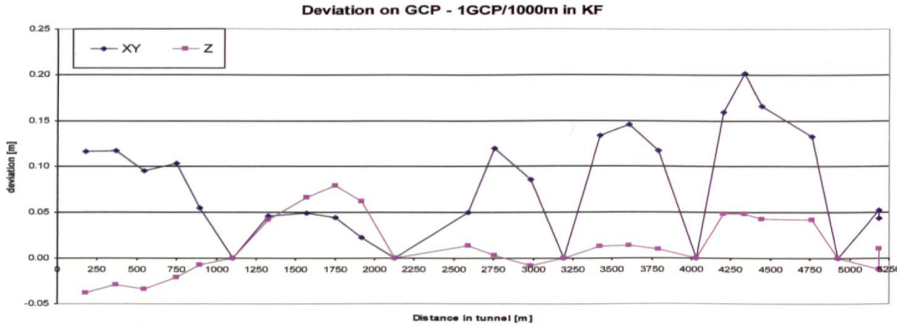
Les données terrestres sont ensuite calées sur le nuage aérien et assemblées **(fig. 1)**, avant que le tout soit ajusté sur les points de calage. Quant aux images aériennes, elles ont été aérotriangulées puis orthorectifiées.

Analyse de la performance en tunnel

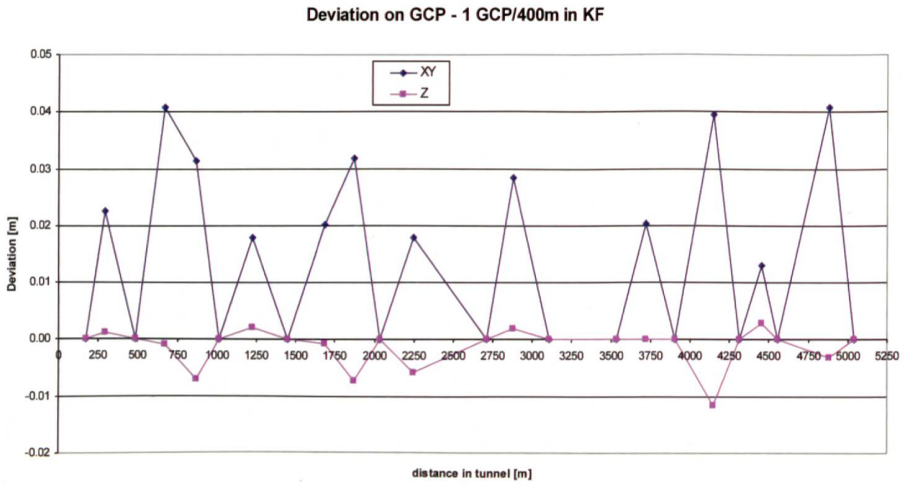
Le relevé de la galerie entre Bourg-Saint-Pierre et Bourg-Saint-Bernard s'est intégré dans le relevé complet de la route du col du Grand-Saint-Bernard entre Martigny et l'entrée du tunnel. Il a été effectué en septembre 2013. La galerie a été relevée dans les deux directions avec une sortie du véhicule (récupération du



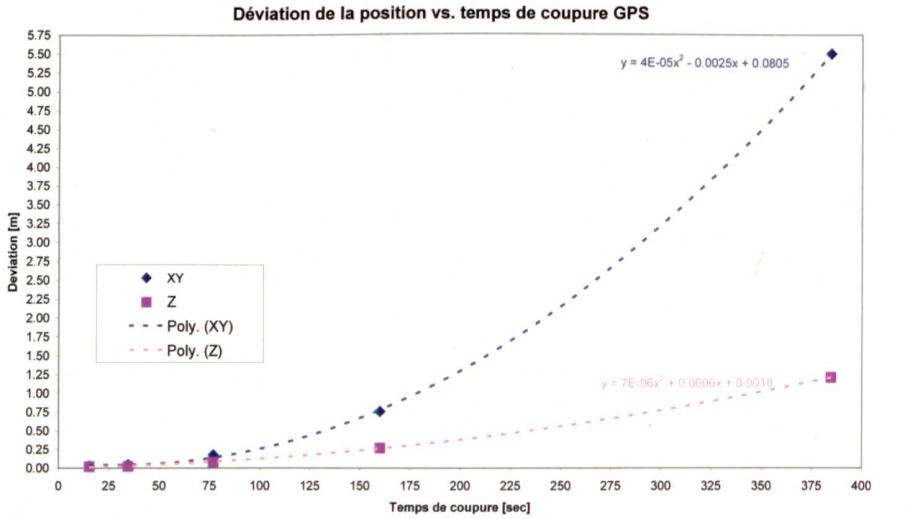
6



7



8



9

6 Ecart observé sur le nuage de points aux points de calage pour la trajectoire sans recalage (inertiel pur)

7 Ecart observé sur le nuage de points aux points de calage pour la trajectoire avec recalage tous les km (~70 sec de coupure)

8 Ecart observé sur le nuage de points aux points de calage pour la trajectoire avec recalage tous les ~400 m (~32 sec de coupure)

9 Courbe de tendance de la déviation de la trajectoire en fonction du temps de coupure

10-12 Modélisations du pont de la Blécherette sur l'A9

13 Modélisation d'un pont en maillage 3D sur la base du nuage de points et des lignes de rupture vectorisées sur le nuage

signal GPS) à chaque extrémité. Pour chaque trajet, il y a eu une coupure du signal GPS d'environ six minutes. Des points de calage ont été disposés dans la galerie tous les 200 m et mesurés par station totale et GPS grâce aux ouvertures latérales.

La précision du nuage de points a été analysée en fonction de la densité de points de calage utilisés dans le recalage de la trajectoire **(fig. 5)**.

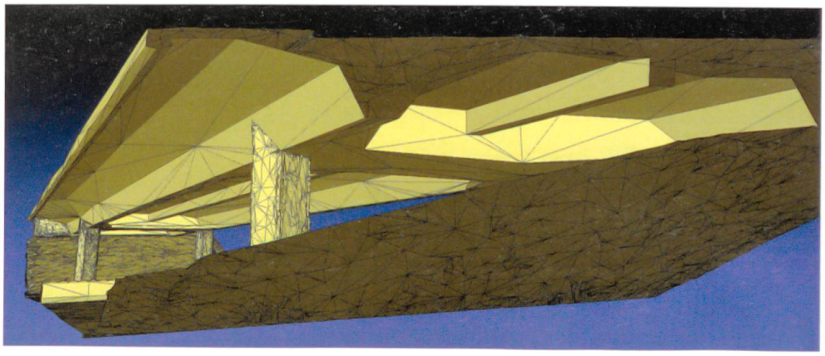
Les **figures 6 à 8** montrent les résidus observés sur le nuage au niveau des points non utilisés dans la trajectoire. En inertiel pur, la déviation se dégrade jusqu'au centre de la section. La déviation maximale est de l'ordre de 5 m en planimétrie et de 1,2 m en altimétrie. Lorsqu'on réduit la coupure d'un facteur 5 (de 360 à 70 secondes), la précision s'améliore d'un facteur 25. Si l'on réduit encore la coupure d'un facteur 2 (35 secondes), la précision s'améliore d'un facteur 4. On voit que la précision se dégrade au carré du facteur temps, ce qui est logique puisque la position donnée par la centrale résulte de la double intégration sur le temps des accélérations mesurées par celle-ci. La **figure 9** montre la relation entre le temps de coupure et la précision planimétrique et altimétrique.

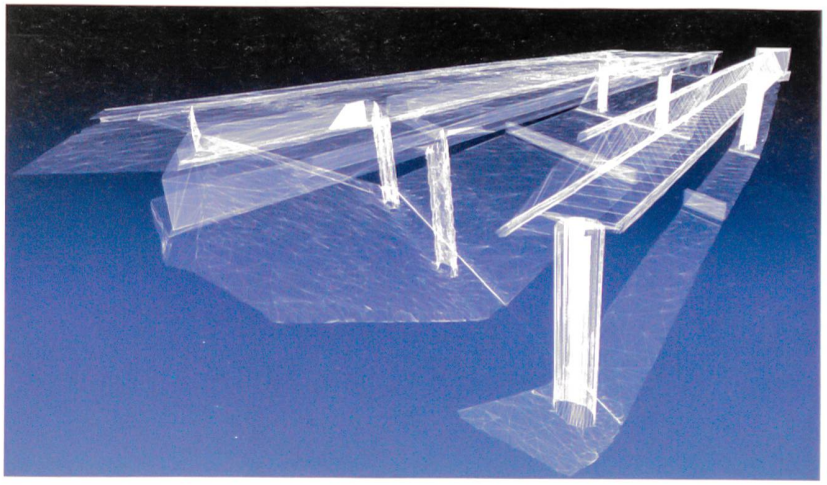
On constate alors que la fréquence optimale de points de calage pour une centrale de type navigation est de l'ordre de 1 pt/~30 seconde, ce qui correspond à un point tous les 400 m à une vitesse de 40-50 km/h. Ceci permet de réduire de manière drastique le nombre de points à implanter dans le tunnel par rapport à la technique classique de calage du nuage a posteriori. Cette fréquence permet de garantir une précision absolue du nuage de points inférieure à 5 cm en planimétrie et 3 cm en altimétrie. Cette technique est donc largement bénéfique sous réserve que la centrale ait une qualité suffisante.

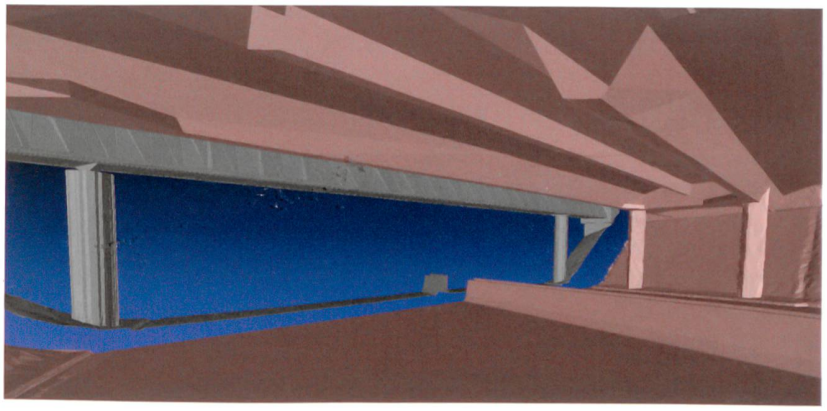
Si la centrale est de type tactique, la dérive angulaire/position va nécessiter une fréquence plus élevée de points de calage afin de garantir la même précision.

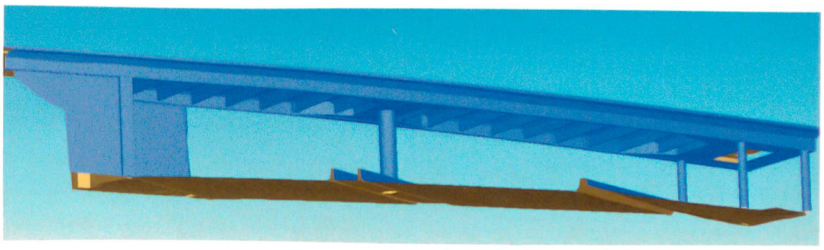
La précision absolue (1 sigma) est de 2-3 cm en altimétrie et 3-4 cm en planimétrie et ce même dans les longs tunnels. La technique de recalage de la trajectoire développée permet donc de réduire d'un facteur 5 à 10 le nombre de points de calage à implanter dans les tunnels par rapport à la technique traditionnelle, tout en gardant une précision planimétrique de 3-5 cm.

Julien Vallet, dr. ing. dipl. EPFL, Helimap System SA
Philipp Schaer, dr. ing. dipl. EPFL, Helimap System SA


10


11


12


13